G. J. SCHOUTE

WAARNEMINGEN

MET EEN

ENKELEN NETVLIESKEGEL

LANE

MEDICAL LIBRARY

SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885

Gift of
Mr. William Wreden

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

WAARNEMINGEN

MET EEN

ENKELEN NETVLIESKEGEL

WAARNEMINGEN

MET EEN

ENKELEN NETVLIESKEGEL

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE LEIDEN

OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS

Dr. Th. H. MAC GILLAVRY

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE

VOOR DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE TE VERDEDIGEN

op Maandag 28 Maart 1898, des namiddags te 4 uren

DOOR

GERARD JOHAN SCHOUTE

Arts,

GEBOREN TE WORMERVEER

LEIDEN

P. W. M. TRAP

1898

BOEKDRUKKERIJ VAN P. W. M. TRAP, TE LEIDEN.

AAN MIJNE OUDERS

Bij het voleindigen mijner academische studien betuig ik mijnen welgemeenden dank aan U Hooggeleerde Heeren Professoren der Medische en Philosophische faculteiten, voor het van U genoten onderricht.

Hooggeleerde KOSTER, Hooggeachte Promotor, U in het bijzonder geldt dit woord van dank.

In de eerste plaats voor de welwillende wijze, waarop Gij ten allen tijde bereid zijt geweest, mij bij de bewerking van dit proefschrift met raad en daad te steunen.

In de tweede plaats omdat Gij, door mij tot Uw assistent te kiezen, mij in de gelegenheid hebt willen stellen, uit Uw' dagelijkschen voorgang en leering zooveel onschatbare lessen te putten.

INHOUD.

Blz.

Inleiding 1

HOOFDSTUK I.

Voorafgaande opmerkingen 5

HOOFDSTUK II.

Waarneming van beelden van hoogstens één kegeldoorsnee afmeting 13

HOOFDSTUK III.

Verstrooiing 34

HOOFDSTUK IV.

Chromasie 40

HOOFDSTUK V.

Onnauwkeurige instelling van het oog 46

HOOFDSTUK VI.

Gebrek aan aplanasie. Totale verstrooiing 48

HOOFDSTUK VII.

Bewegingen van hoofd en oog 57

HOOFDSTUK VIII.

De kegel als samenstel van eindorganen 63

HOOFDSTUK IX.

Binoculair zien en oordeel over afstanden 67

HOOFDSTUK X.

Verklaring van ons oordeel over grootte en verlichting van verlichte voorwerpen, welker beelden op één kegel vallen. 71

HOOFDSTUK XI.

Verklaring van ons oordeel over grootte en verlichting van zwarte voorwerpen, welker beelden op één kegel vallen. 92

HOOFDSTUK XII.

Slotbeschouwingen. 96

HOOFDSTUK XIII.

Overzicht 102

Stellingen 107

INLEIDING

Naast de vraag, hoe groot de afstand tusschen twee voorwerpen moet zijn, opdat zij nog juist als twee gescheiden voorwerpen kunnen worden waargenomen — wat de hoofdquaestie is bij het onderzoek der gezichtsscherpte — staat de vraag, hoe groot een voorwerp moet zijn om in 't geheel waargenomen te kunnen worden.

Beide vragen worden meestal gezamenlijk behandeld. [1])

Liever had men, in plaats van naar het kleinst waarneembare voorwerp, naar het kleinst waarneembare netvliesbeeld moeten zoeken.

Verschillende onderzoekers vonden voor het kleinst waarneembare voorwerp — wat AUBERT noemt „den physiologischen Punkt" [2]) — zeer verschillende waarden.

Zoo kon b. v. AUBERT geen kleiner voorwerp zien dan onder een hoek van 65″, terwijl PLATEAU 12″ als grens vond.

---

[1]) HELMHOLTZ, Handb. der Physiologischen Optik. 2e Aufl. S. 425.

[2]) VON GRÄFE—SÄMISCH, Handbuch der ges. Augenhk. II II § 52.

Zulke groote verschillen kunnen alleen daarin eene verklaring vinden, dat bij deze onderzoekingen momenten over het hoofd zijn gezien, die van wezenlijken invloed waren.

Het reeds lang bekende feit, dat zwak verlichte voorwerpen moeilijker waarneembaar zijn, dan sterk verlichte, zooals b. v. bij het beschouwen van sterren voor langen tijd reeds gebleken is, is ons al eene vingerwijzing, dat de lichtsterkte van de beschouwde voorwerpen van invloed kan zijn geweest.

Deze verschillen in de resultaten van vele onderzoekers nopen tot een onderzoek naar ons waarnemingsvermogen van voorwerpen, wier beelden op één kegel van het netvlies vallen, een quaestie waarop Prof. Koster in zijn „Zur Kenntniss der Mikropie und Makropie" [1]) reeds gedoeld heeft.

Z. H. G. was zoo welwillend mij dit onderzoek op te dragen.

Bij het beschouwen van grooteré voorwerpen zijn wij in staat, ons twee indrukken te vormen onafhankelijk van elkaar, 1°. ten opzichte van de grootte, 2°. ten opzichte van de intensiteit van verlichting.

Wanneer twee voorwerpen op gelijken afstand van ons staan en ook worden waargenomen als even ver verwijderd, en wanneer het beeld van het eene voorwerp zich over een grooter aantal kegels uitbreidt dan het andere, is met dat verschil in het aantal getroffen

[1]) Von Gräfe's Archiv. XLII, 3, bl. 176.

kegels het zichtbaar worden van het verschil in grootte gegeven.

Voor het zichtbaar worden van een verschil in verlichting is noodig, dat het verschil in prikkeling van de kegels van het eene beeld en van die van het andere minstens zoo groot is als FECHNER's „Unterschiedschwelle", zooals men die in de door AUBERT [1]) en HELMHOLTZ [2]) verbeterde psycho-physische wet van FECHNER uitgedrukt vindt.

De vraag is nu of nog verschillen in grootte kunnen worden waargenomen bij voorwerpen, wier beelden te klein zijn om over een aantal kegels te vallen, zoodat er geen verschil in getroffen kegelaantal meer kan zijn, waardoor dat waargenomen verschil wordt verklaard.

Verder zullen wij nagaan of verschillen in lichtsterkte van voorwerpen, wier beelden op één kegel vallen, door middel van dien eenen kegel kunnen worden waargenomen.

Het is a priori te verwachten, dat men met den kegel, evenals met elk eindorgaan, onderscheid kan maken tusschen zwakkere en sterkere prikkels.

Het is evenwel niet uitgemaakt of men in staat is met behulp van één kegel die verlichtingsnuances te constateeren, dan wel of daartoe de prikkeling van eene groep kegels noodig is.

Want hoe klein wij ook het voorwerp kiezen, waar-

---

[1]) VON GRÄFE—SÄMISCH. Handb. der ges. Augenhk. II II S. 491.
[2]) HELMHOLTZ. Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 415.

van wij het verschil in verlichting met de omgeving willen trachten te constateeren, weten wij nooit of zich toch niet de verstrooiingscirkels van het beeld van dat voorwerp over meer dan één kegel uitbreiden; en weten wij dus ook niet, of prikkeling van meer dan één kegel in het spel is, om die verlichtingsnuance waar te nemen.

Wanneer het mocht blijken, dat men met één kegel van het netvlies in staat is, verschillen in grootte waar te nemen, zullen wij verder trachten na te gaan, welke dan de middelen zijn, waardoor dat oordeel mogelijk is.

En wanneer het mocht blijken, dat men met één kegel van het netvlies in staat is, verschillen in verlichtingsintensiteit waar te nemen, zullen wij ook naar eene verklaring van dat vermogen trachten.

HOOFDSTUK I

Voorafgaande opmerkingen

Om herhalingen te voorkomen, willen wij vooruit eenige zaken meedeelen en vast stellen.

In de eerste plaats zal met „kegeldoorsnee" steeds bedoeld worden de middellijn van eene doorsnede des kegels loodrecht op den straal van den oogbol.

Wat de afmeting van die doorsnee betreft, deze heeft prof. Koster [1]) gemeten aan oogen, zoo versch als men ze haast alleen in Parijs [2]) kan verkrijgen. Hij vervaardigde daartoe sneden evenwijdig met het vlak van de retina op eene wijze die meer zekerheid biedt dan de vroeger gebruikte methoden en verkreeg daarmee resultaten, die geheel strooken met die van Kölliker, welke laatste weer, volgens Von Helmholtz [3]) overeenstemmen met de theorie der gezichtsscherpte.

Wij bewandelen dus den zekersten weg wanneer wij ons aan deze onderzoekingen houden, zonder ons door de afwijkende resultaten door M. Schultze, H. Müller

---

[1]) Ned. Tijdschr. v. Gen. 1895. Deel I n° 8.
[2]) Uit het hopitâl des enfants assistés.
[3]) Helmholtz. Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 256.

en WELCKER[1]) verkregen, op een dwaalspoor te laten leiden.

Wij zullen dus aannemen dat de middellijn der kegeldoorsnee in de fovea centralis 4.4 μ is.

Om beelden van de gewenschte grootten op het netvlies te werpen, heb ik mij bediend van dof zwart karton, waarin met eene gewone kurkeboor gemakkelijk zuiver ronde gaatjes van zeer verschillende afmetingen te maken zijn. Door beplakken met zijdepapier in verschillend aantal lagen kan men vele lichtintensiteiten verkrijgen en tegelijkertijd de diffractie aan de randen der openingen voorkomen.

Ten einde te weten te komen, hoe, bij het vergelijken van twee voorwerpen, de verhouding was tusschen de hoeveelheid licht, die het eene voorwerp in het oog zond en de hoeveelheid, die van het andere werd ontvangen, werd op de volgende wijze te werk gegaan.

In eene donkere kamer werd een tafel door een voor licht ondoordringbaar tusschenschot in hare lengte in twee banen verdeeld.

Langs elk dier banen was een electrische lamp verschuifbaar, terwijl aan het eind van de tafel, dat naar den waarnemer was toegekeerd, de gebezigde voorwerpen in hun veld van dof zwart karton zóó konden worden opgehangen, dat de eene lamp alleen het eene, en de andere lamp alleen het andere voorwerp kon verlichten. Wij willen deze lampen *A* en *B* noemen.

[1]) HELMHOLTZ. Physiol. Optik. Ibidem.

Zij hadden eene nominale lichtsterkte van 50 meterkaarsen; dit getal 50 werd gekozen, omdat deze lichtintensiteit ongeveer gelijk is aan die van helder daglicht en de meeste onzer proeven bij daglicht werden genomen.

De controle van de lichtsterkte dezer lampen geschiedde aldus:

Op de rechter baan van de tafel werd eene derde lamp geplaatst van willekeurige lichtsterkte op willekeurigen afstand achter een zwart scherm, waarin een voorwerp van 8 mM. doorsnee, dat eene willekeurige hoeveelheid licht doorliet. Op de linker baan werd nu de lamp *A* geplaatst achter een zwart scherm, waarin eveneens een voorwerp van 8 mM. doorsnee, dat eveneens eene willekeurige hoeveelheid licht doorliet. Nu werd de lamp *A* op zulk een' afstand achter het verlichte voorwerp geplaatst, dat de beide voorwerpen, bij beschouwing op ongeveer 1 M. afstand, even intens verlicht schenen.

Daarna werd de lamp *A* door de lamp *B* vervangen en weer die afstand opgezocht, waarop zij achter het verlichte voorwerp moest geplaatst worden, om den indruk van gelijke verlichting voor beide voorwerpen teweeg te brengen. Daar de twee lampen, wier licht met elkaar werd vergeleken, op dezelfde dynamo brandden, moesten schommelingen in de lichtsterkte — die zich trouwens nooit merkbaar voordeden — zich onvermijdelijkerwijze steeds beiderzijds even sterk doen gevoelen.

Met de quadraten der afstanden waarop nu eerst de lamp *A* en daarna de lamp *B* moest geplaatst worden, waren hare lichtsterkten evenredig.

Door herhaaldelijk op deze manier te experimenteeren en het gemiddelde der gevonden waarden te nemen, kon men het resultaat als weinig van de werkelijkheid verschillend beschouwen.

Het resultaat was nu als volgt:

Noem de lamp van willekeurige lichtsterkte: *C*. Gelijkheid van verlichting werd verkregen, als *C* stond op 25 cM. achter het verlichte voorwerp, en *A* op 33,5 cM. en daarna *B* op 34 cM. Als *C* stond op 50 cM, *A* op 66,5 en daarna *B* op 66 cM. Als *C* stond op 75 cM. en *A* op 102,5 cM. en daarna *B* op 104,5.

Wij concludeerden dus:

lichtsterkte *A* = lichtsterkte *B*.

Telkens als eene reeks proeven met deze lampen werd gedaan, werd deze verhouding weer gecontroleerd en voortdurend bevestigd gevonden.

Om nu de voorwerpen, die wij gebezigd hadden om beelden op één kegel te werpen, op hun doorlatingsvermogen te onderzoeken, konden wij ze in de plaats stellen van de straks genoemde voorwerpen van 8 mM. doorsnee, en uit de nu bekende verhouding der lichtsterkte van *A* en *B* en den afstand waarop die lampen geplaatst moesten worden om weer gelijkheid van verlichting te geven, besluiten tot eene verhouding van doorlatingsvermogen van elke twee willekeurige voorwerpen.

Daar het bij onze proeven steeds om eene vergelijking van twee voorwerpen te doen was, was dat voldoende.

Bij elke reeks proeven zal één voorwerp steeds met dezelfde intensiteit verlicht zijn. Wanneer wij de hoe-

veelheid licht, die zulk een voorwerp doorlaat 1 noemen, kunnen wij ook de hoeveelheid licht die het andere voorwerp doorlaat in cijfers uitdrukken.

Dit getal willen wij den doorlatingscoefficient noemen.

Deze coefficienten zullen bij elke reeks proeven opgegeven worden.

De berekening dier coefficienten geschiedt aldus:

Noem de hoeveelheid licht die A uitstraalt: a; hare afstand tot het verlichte voorwerp zij α.

Noem de hoeveelheid licht die B uitstraalt: b; hare afstand tot het verlichte voorwerp zij β.

Het oppervlak der voorwerpen zij p.

Tevens stellen wij de doorlatingscoefficient van het eene voorwerp $= 1$, en die van het andere $= x$.

Dan is de hoeveelheid licht, die het eene voorwerp doorlaat:

$$\frac{a}{4\ \pi\ \alpha^2} \times p \times 1$$

En de hoeveelheid licht, die het andere voorwerp doorlaat:

$$\frac{b}{4\ \pi\ \beta^2} \times p \times x$$

Nu zijn de afstanden α en β zoo gekozen, dat

$$\frac{a}{4\ \pi\ \alpha^2} \times p \times 1 = \frac{b}{4\ \pi\ \beta^2} \times p \times x$$

Tevens vonden wij zooeven voor onze lampen:

$$a = b$$

dus: $$\frac{1}{4\ \pi\ \alpha^2} = \frac{x}{4\ \pi\ \beta^2}$$

of: $$x = \frac{\beta^2}{\alpha^2}$$

Ook hierbij wordt door een serie proeven en het berekenen van de gemiddelde uitkomst daarvan, een resultaat verkregen, dat weinig van de werkelijkheid afwijkend is.

Om een concreet voorbeeld te geven:

Bij de proeven, op blz. 17 vermeld, was het eene voorwerp steeds met één en hetzelfde scherm van zijdepapier bedekt; wij willen het a_1 noemen. Het andere voorwerp had bij de verschillende proeven een verschillend aantal schermen. Nemen wij b. v. het geval waarbij het ook met 1 scherm bedekt was en noemen wij het daarom b_1.

De lamp A werd nu achter a_1 geplaatst op 100 cM. afstand; daarop werd voor lamp B de afstand gezocht, waarop zij achter b_1 moest staan om gelijkheid van verlichting te geven.

Ziehier het resultaat van vier proeven en de berekening daaruit van den doorlatingscoefficient.

a_1 op 100 cM. = b_1 op 84 cM.
a_1 op 100 cM. = b_1 op 81 cM.
a_1 op 100 cM. = b_1 op 83 cM.
a_1 op 100 cM. = b_1 op 83 cM.

gemiddelde: a_1 op 100 cM. = b_1 op 82.75 cM.

$$\text{Nu is } x = \frac{82.75^2}{100^2} = 0.68477 = 0.7.$$

Op deze wijze zijn alle doorlatingscoefficienten berekend.

Behalve verlichte voorwerpen op een zwart veld, hebben wij ook zwarte voorwerpen op een verlicht veld gebruikt.

Om absoluut zwarte voorwerpen te verkrijgen, gebruikten wij een kastje, van binnen geheel met dof zwart karton bekleed; één zijde daarvan, ter lengte van 25 cM. en ter breedte van 20 cM., was opengelaten en werd nu gesloten met wit papier. Hierin maakten wij gaatjes van de verlangde grootten met een kurkeboor.

Wij konden er dan zeker van zijn, te doen te hebben met voorwerpen, van welke in het geheel geen licht meer uit kon gaan.

Haast bij alle proeven, die wij zullen beschrijven, maakten wij gebruik van het daglicht; omdat het altijd te doen was om eene vergelijking tusschen twee voorwerpen, konden de schommelingen in de sterkte van het daglicht ons geen bezwaar zijn; deze toch moeten zich altijd op beide voorwerpen in gelijke mate hebben doen gevoelen.

Ook zij nog opgemerkt, dat, tenzij dit anders opgegeven worde, geexperimenteerd is met cirkelronde voorwerpen en dat met „afmeting" bedoeld wordt de middellijn. Deze voorwerpen werden meerendeels opgesteld voor een raam, dat door een zwart gordijn in zooverre bedekt was, dat het daglicht alleen door die te beschouwen voorwerpen doortreden kon. Daarbij zorgden wij er voor, dat bij elke herhaling van eene proef steeds hetzelfde schermpje, en zelfs steeds hetzelfde plekje van dat schermpje het voorwerp bedekte; om daardoor zeker te zijn, dat wij steeds met het vooraf berekende doorlatingsvermogen te doen hadden. Wij bereikten dit doel door alleen gebruik te maken van schermpjes die op het

karton vastgeplakt waren, terwijl tevens door aandrukken tegen het vensterglas er voor gezorgd werd, dat het schermpje altijd tegen de in het zwarte karton gemaakte opening aanlag.

Alleen bij het beschouwen van zwarte voorwerpen op een wit veld maakten wij gebruik van opvallend daglicht; en een enkele maal ook van opvallend electrisch gloeilicht.

Wat de grootte van het netvliesbeeld betreft, deze kunnen wij alleen berekenen met verontachtzaming der verstrooing; dit moet altijd in het oog worden gehouden. Voor zoover dan die grootte te berekenen is, kan het geschieden met behulp van het gereduceerde oog van Listing; waardeerbare verschillen immers met het werkelijke oog geeft dit ten opzichte van de grootte der netvliesbeelden niet. [1])

Het zal dus geschieden met de vergelijking

$$x = \frac{p \times g_2}{P}$$

waarin p de grootte van het voorwerp, P de afstand van het voorwerp tot het oog (eigenlijk tot het knooppunt van het gereduceerde oog) en g_2 de afstand van het knooppunt tot het netvlies in het gereduceerde oog is (d. i. 15 mM.), terwijl x voorstelt de gevraagde grootte van het netvliesbeeld.

Men is gewoon x in μ, p en g_2 in mM. en P in M.

---

[1]) Von Gräfe—Sämisch. Handb. der ges. Augenhk. II II S. 441.

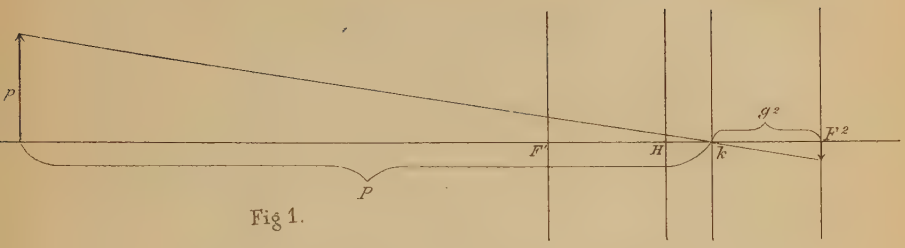

Fig 1.

op te geven; in mM. luidt dus de vergelijking van zooeven:

$$\frac{0.001\ x}{p} = \frac{g_2}{1000\ P}$$

waaruit volgt: $$\frac{x}{p} = \frac{g_2}{P}$$

Men kan dus gemakshalve in deze vergelijking de letters door de gebruikelijke maten vervangen en vindt dan de beeldgrootte in μ.

HOOFDSTUK II

Waarneming van beelden van hoogstens één kegeldoorsnee afmeting

Op een zeer groot, gelijkmatig dof zwart, voor licht ondoorgankelijk veld, worden verlichte voorwerpen aangebracht, verschillend van grootte en met dezelfde lichtsterkte verlicht.

Van terzijde wordt het terrein van beschouwing ruim-

schoots verlicht, zoodat de pupillen der waarnemers voortdurend hare gewone afmetingen hebben.

I. Afstand van beschouwing 25 M.

Waarnemer prof. Koster.

a. Eene rij voorwerpen van:

$^2/_3$, $^1/_2$, 1, 3, 2, 4 mM.

Onzichtbaar: $^2/_3$, $^1/_2$, 1;

Zichtbaar: 3, 2, 4;

2 wordt gezien zeer klein en lichtzwak, kleiner dan 3;

3 wordt gezien even lichtsterk als 4, kleiner dan 4.

b. Eene rij voorwerpen van:

$^1/_2$, $^2/_3$, $1^1/_2$, $2^1/_2$, $3^1/_2$ mM.

Onzichtbaar: $^1/_2$, $^2/_3$;

Zichtbaar: $1^1/_2$, $2^1/_2$, $3^1/_2$;

$1^1/_2$ is maar even zichtbaar, en wordt kleiner gezien dan $2^1/_2$;

$2^1/_2$ wordt gezien veel lichtzwakker en veel kleiner dan $3^1/_2$;

$3^1/_2$ wordt gezien even lichtsterk en kleiner dan 4 van de vorige rij.

c. Een rij voorwerpen van:

3, $2^1/_2$, 2, 1, $^2/_3$ mM.

Onzichtbaar: 1, $^2/_3$;

Zichtbaar: 3, $2^1/_2$, 2;

3 wordt gezien even lichtsterk en iets grooter dan $2^1/_2$;

$2^1/_2$ wordt gezien iets lichtsterker en grooter dan 2.

Waarnemer Schoute.

d. Voorwerpen van I*a*:

Onzichtbaar: $^2/_3$, $^1/_2$;

Zichtbaar: 1, 3, 2, 4;

Waargenomen worden 1 < 2 < 3 < 4.

e Voorwerpen van I*b*:

Onzichtbaar: $^1/_2$, $^2/_3$;

Zichtbaar: $1^1/_2$, $2^1/_2$, $3^1/_2$;

Waargenomen worden: $1^1/_2 < 2^1/_2 < 3^1/_2$.

f. Voorwerpen van I*c*:

Onzichtbaar: $^2/_3$;

Zichtbaar: 3, $2^1/_2$, 2, 1,

Waargenomen worden $3 > 2^1/_2 > 2 > 1$.

De doorlatingscoefficient van de schermen van al deze voorwerpen was gelijk.

De beeldgrootten, die waargenomen en beoordeeld konden worden, bedroegen — volgens de methode van blz. 12 berekend —

voor prof. Koster

2.4, 2.1, 1.8, 1.5, 1.2, 0.9 μ;

voor Schoute

2.4, 2.1, 1.8, 1.5, 1.2, 0.9, 0.6 μ;

terwijl niet waargenomen werden

door prof. Koster

0.6, 0.4, 0.3 μ;

door Schoute

0.4, 0.3 μ.

II. Afstand van beschouwing 12,5 M.

Waarnemer prof. Koster.

a. Voorwerpen van I*a*.

Onzichtbaar: $^1/_2$;

$^2/_3$ even zichtbaar;

1 wordt gezien grooter en lichtsterker dan $^2/_3$;

3 wordt gezien even lichtsterk als 4, en iets kleiner;

2 wordt gezien lichtzwakker dan 4, en 3 tot 4 maal kleiner;

4 wordt gezien 't grootst en lichtsterkst.

b. Voorwerpen van I*b*.

Onzichtbaar: $^1/_2$;

Waargenomen worden $^2/_3 < 1^1/_2 < 2^1/_2 < 3^1/_2$. Alle schijnen nagenoeg even lichtsterk.

c. Voorwerpen van I*c*.

Waargenomen worden $3 > 2^1/_2 > 2$. Alle nagenoeg even lichtsterk;

1 wordt gezien < 2, en 1 veel lichtzwakker dan 2;

$^2/_3$ wordt gezien < 1, verhouding als 4 : 5, en $^2/_3$ schijnt misschien wat lichtzwakker dan 1.

Waarnemer SCHOUTE.

d. Voorwerpen van I*a*.

Onzichtbaar: $^1/_2$;

Waargenomen worden $^2/_3 < 1 < 2 < 3 < 4$.

e. Voorwerpen van I*b*.

Onzichtbaar $^1/_2$;

Waargenomen worden $^2/_3 < 1^1/_2 < 2^1/_2 < 3^1/_2$.

f. Voorwerpen van I*c*.

Waargenomen worden $3 > 2^1/_2 > 2 > 1 > {}^2/_3$.

De beeldgrootten, die waargenomen en beoordeeld konden worden, bedroegen voor beide waarnemers:

0.8, 1.2, 1.8, 2.4, 3.0, 3.6, 4.2, 4.8 μ,

terwijl onzichthaar bleef:

0.6 μ.

Het grootste voorwerp moet dus buiten beschouwing blijven, daar zijn beeld grooter is dan een kegeldoorsnee. Ook wanneer aangewezen werd, op welke plaatsen de voorwerpen, die onzichtbaar bleven, zich bevonden, veranderde de waarneming niet: ook dan konden zij niet opgemerkt worden.

Wij zien uit deze proeven, dat wij ons nog een juist oordeel vormen over de grootte van gelijk verlichte voorwerpen, ook al zijn hunne beelden kleiner dan één kegeldoorsnee.

De zoo straks gegeven verklaring der grootte-waarneming uit het aantal getroffen kegels, kan hier niet meer van toepassing zijn.

Het zal onze taak zijn, in de volgende bladzijden na te gaan, waarop dan dat oordeel berust.

Laat ons eerst nagaan, of de afzonderlijke kegel ook in staat is, verschillen in verlichting te onderscheiden.

Wij beschouwen daartoe, geheel onder dezelfde omstandigheden als zooeven, twee voorwerpen van 8 mM., waarvan het eene steeds met dezelfde intensiteit verlicht wordt, terwijl het andere achtereenvolgens zes verschillende lichtsterkten heeft. Omtrent die lichtsterkten hebben wij vooraf de volgende resultaten verkregen met de methode op bl. 8 beschreven:

Het eene voorwerp, dat voortdurend hetzelfde scherm heeft, heeft een doorlatingscoefficient = 1.

Voor het andere voorwerp bedraagt:

De doorlatingscoefficient van 1 scherm 0.7

„ „ „ „ „ „ 2 schermen 0.2

De doorlatingscoefficient van 3 schermen 0.1
" " " " " " 4 " 0.05
" " " " " " 5 " 0.03
" " " " " " 6 " 0.025

Met deze getallen zijn wij in staat de verhouding der met elkaar vergeleken hoeveelheden licht op te geven.

III. Afstand van beschouwing 30 M.

Grootte der beide voorwerpen A en B: 8 mM.

Sterkte van de lichtbron (daglicht): l.

Grootte van de beelden der voorwerpen A en B: 4 μ.

a. Hoeveelheid licht van $A = \pi 4^2 \times l \times 1$ wordt vergeleken met Hoeveelheid licht van $B = \pi 4^2 \times l \times 0.7$ Verhouding der lichthoeveelheden 1 : 0.7.

De grootte der voorwerpen, zoowel alsde lichtsterkte worden even groot waargenomen (lineair). De oppervlakken worden dus waargenomen met eene verhouding der grootte als 1 : 1.

b. Hoeveelheid licht van $A = \pi 4^2 \times l \times 1$ wordt vergeleken met Hoeveelheid licht van $B = \pi 4^2 \times l \times 0.2$ Verhouding der lichthoeveelheden 1 : 0.2.

De grootte wordt lineair waargenomen in eene verhouding van $A : B = 3 : 2$. Lichtsterkte schijnt gelijk. De waarneming der oppervlakken geschiedt dus in eene verhouding van 9 : 4.

c. Hoeveelheid licht van $A = \pi 4^2 \times l \times 1$ wordt vergeleken met Hoeveelheid licht van $B = \pi 4^2 \times l \times 0.1$ Verhouding der lichthoeveelheden 1 : 0.1.

De grootte wordt lineair waargenomen in eene verhouding van $A : B = 4 : 3$. A schijnt sterker verlicht dan B. De waarneming der oppervlakken geschiedt dus in eene verhouding van 16 : 9.

d. Hoeveelheid licht van $A = \pi 4^2 \times l \times 1$ wordt vergeleken met Hoeveelheid licht van $B = \pi 4^2 \times l \times 0.05$ Verhouding der lichthoeveelheden 1 : 0.05.

De grootte wordt lineair waargenomen in eene verhouding van $A : B = 2 : 1$. A schijnt lichtsterker dan B. De waarneming der oppervlakken geschiedt dus in eene verhouding van 4 : 1.

e. Hoeveelheid licht van $A = \pi 4^2 \times l \times 1$ wordt vergeleken met Hoeveelheid licht van $B = \pi 4^2 \times l \times 0.03$ Verhouding der lichthoeveelheden 1 : 0.03.	De grootte wordt lineair waargenomen in eene verhouding van $A : B = 2.5 : 1$. A schijnt lichtsterker dan B. De waarneming der oppervlakken geschiedt dus in eene verhouding van 6.25 : 1.
f. Hoeveelheid licht van $A = \pi 4^2 \times l \times 1$ wordt vergeleken met Hoeveelheid licht van $B = \pi 4^2 \times l \times 0.025$ Verhouding der lichthoeveelheden 1 : 0.025.	De grootte wordt lineair waargenomen in eene verhouding van $A : B = 2.5 : 1$. A schijnt veel sterker verlicht dan B. De waarneming der oppervlakken geschiedt dus in eene verhouding van 6.25 : 1.

Uit deze reeks blijkt dat men met één kegel in staat is, verschillen in prikkelingssterkte te onderscheiden, maar dat die verschillen slechts ten deele als verschillen in lichtsterkte, *ten deele ook als verschillen in grootte worden waargenomen.*

Laten wij er volledigheidshalve bijvoegen, dat, wanneer wij den afstand van beschouwing zoo kiezen, dat de beelden over meerdere kegels vallen, de verschillen in lichtsterkte veel duidelijker in het oog springen. Slechts wanneer het verschil in lichtsterkte groot is, wordt er tevens een klein verschil in grootte waargenomen.

Men kan hetzelfde zeer gemakkelijk waarnemen, wanneer men gelegenheid heeft bij avond een spoortrein uit de verte te zien naderen. Dikwijls branden de twee lantaarns op de locomotief ongelijk, terwijl zij een even groot, cirkelrond oppervlak hebben. Als het toeval wil, dat dit verschil in lichtsterkte aanzienlijk is, ziet men eerst één licht; terwijl dit langzaam wat grooter wordt, wordt ook het tweede zichtbaar, eerst zeer zwak, maar

spoedig ongeveer van dezelfde verlichtingsintensiteit als het andere.

Zij verschillen echter veel in grootte en wel is dat, wat het laatst zichtbaar geworden is, het kleinst. Beide beelden worden nu langzaam grooter, maar het verschil in grootte blijft lang bestaan.

Eerst als de trein zeer dichtbij is, merkt men de ongelijkheid van lichtsterkte en de gelijkheid van grootte op.

Wanneer men de doorsnee der lantaarns 20 cM. noemt, kan de trein tot 682 M. naderen voordat het beeld dier lichten grooter dan één kegel- doorsnee wordt. Op elken grooteren afstand hebben wij dus te doen met eene vergelijking van twee voorwerpen, wier beelden kleiner dan een kegeldoorsnee zijn.

Wij willen hier reeds dadelijk bijvoegen, dat het schijnbare verschil in grootte nog een tijdlang zichtbaar blijft, als de trein naar schatting al dichterbij is dan 682 M.

Wij gaan thans over tot de vergelijking van voorwerpen, die noch dezelfde grootte, noch dezelfde lichtsterkte hebben, maar waarvan de beelden kleiner zijn dan één kegeldoorsnee.

Wij experimenteeren onder geheel dezelfde omstandigheden als te voren en vergelijken een voorwerp van 4 mM, dat steeds met hetzelfde scherm bedekt is, met een voorwerp van 8 mM., waar achtereenvolgens van 1 tot 12 schermen achter geplaatst worden.

De doorlatingscoefficienten, volgens de methode van blz. 8 berekend, bedragen

voor het voorwerp van 4 mM.		1
en voor het voorwerp van 8 mM. met	1 scherm	1
„ „ „ „ „ „ „ „	2 schermen	0.3
„ „ „ „ „ „ „ „	3 „	0.15
„ „ „ „ „ „ „ „	4 „	0.1
„ „ „ „ „ „ „ „	5 „	0.06
„ „ „ „ „ „ „ „	6 „	0.05
„ „ „ „ „ „ „ „	7 „	0.045
„ „ „ „ „ „ „ „	8 „	0.04
„ „ „ „ „ „ „ „	9 „	0.03
„ „ „ „ „ „ „ „	10 „	0.025
„ „ „ „ „ „ „ „	11 „	0.02
„ „ „ „ „ „ „ „	12 „	0.015

Wij noemen weer de sterkte van het daglicht 1, en geven, behalve de grootte der netvliesbeelden, ook weer de met elkaar vergeleken hoeveelheden licht op.

IV. Afstand van beschouwing: 30 M.

Grootte der voorwerpen: 4 mM. en 8 mM.

Grootte der netvliesbeelden: 2 μ en 4 μ.

Sterkte van de lichtbron (daglicht): 1.

Waarnemer prof. Koster.

a. Beeld van 4 μ.

Lichtsterkte 1, lichthoeveelheid $4^2 \pi \times l \times 1$, wordt vergeleken met

Beeld van 2 μ.

Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.

Verhouding der lichthoeveelheden 4 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair 2 tot 3 maal zoo groot en 4 maal zoo lichtsterk als het andere.

b. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.3, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.3$, wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 1.2 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair 2 maal zoo groot en zijne verlichting iets sterker dan van het andere.

c. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.15, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.15$, wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.6 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair 2.5 maal zoo groot en zijne verlichting duidelijk sterker dan van het andere.

d. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.1, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.1$, wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.4 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair 1.5 maal zoo groot en de verlichting een spoortje sterker dan van het andere.

e. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.06, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.06$, wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.24 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair 1.5 tot 2 maal zoo groot en zijne verlichting een spoortje sterker dan van het andere.

f. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.05, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.05$, wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.2 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair 1.5 maal zoo groot als het andere. Er wordt geen verschil in lichtsterkte waargenomen.
g. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.045, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.045$, wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.18 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair hoogstens $1^1/_3$ maal zoo groot als het andere. Er wordt geen verschil in lichtsterkte waargenomen.
h. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.04, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.04$, wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.16 : 1.	Beider grootte wordt lineair gelijk geschat. Evenzoo de lichtsterkte.
i. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.03, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.03$, wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.12 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. wordt lineair als misschien een spoortje kleiner dan het andere waargenomen. Beider lichtsterkte schijnt even groot.

k. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.025, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.025$, wordt vergeleken met Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.1 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair $^4/_5$ maal zoo groot als het andere. Verschil in lichtsterkte wordt niet waargenomen.

l. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.02, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.02$, wordt vergeleken met Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.08 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair $^3/_4$ maal zoo groot als het andere. Verschil in lichtsterkte wordt niet waargenomen.

m. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.015, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times 0.015$, wordt vergeleken met Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.06 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt lineair $^2/_3$ maal zoo groot als het andere. Verschil in lichtsterkte wordt niet waargenomen.

Waarnemer SCHOUTE.

Dezelfde reeks.

a. 8 mM. 2 maal zoo groot en sterker verlicht dan 4 mM.

b. 8 mM. 2 maal zoo groot en sterker verlicht dan 4 mM.

c. 8 mM. 1.5 tot 2 maal zoo groot en iets sterker verlicht dan 4 mM.

d. 8 mM. 1.5 tot 2 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

e. 8 mM. 1 tot 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

f. 8 mM. 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

g. 8 mM. iets grooter en even lichtsterk als 4 mM.

h. 8 mM. iets kleiner en even lichtsterk als 4 mM.

i. 8 mM. even groot en even lichtsterk als 4 mM.

k. 8 mM. iets kleiner en even lichtsterk als 4 mM.

l. 8 mM. 0.75 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

m. 8 mM. kleiner en iets lichtzwakker dan 4 mM.

Wij willen hier bijvoegen, dat beide waarnemers deze resultaten verkregen, zonder elkaars uitkomsten te kennen; dat de waarnemingen geschiedden zonder regelmatige volgorde en dat de uitkomsten alleen hier voor een duidelijk overzicht in regelmatige opeenvolging zijn weergegeven; en dat de waarnemer in geen der gevallen wist, hoe groot en hoe sterk verlicht de met elkaar te vergelijken voorwerpen waren.

Wanneer deze voorwerpen op korteren afstand beschouwd worden, zoodat hunne beelden op meerdere kegels vallen, is het kleinste verschil in lichtsterkte, waarvan wij bij deze proeven gebruik maakten, reeds duidelijk waar te nemen, terwijl dan ook de waargenomen verschillen in grootte nagenoeg aan de werkelijkheid beantwoorden.

Deze opmerkingen gelden ook voor de volgende reeks proeven, waarin de verschillen in lichtsterkte nagenoeg

dezelfde zijn als bij de vorige, terwijl het verschil in grootte der voorwerpen kleiner is, en dus ook het verschil in de met elkaar te vergelijken hoeveelheden licht kleiner moet zijn.

Wij vergelijken n. l. een voorwerp van 2.5 mM., dat steeds met hetzelfde scherm bedekt is, met een voorwerp van 5 mM., waar achtereenvolgens 1 tot 12 schermen achter geplaatst worden.

De doorlatingscoefficienten, volgens de methode van blz. 8 berekend, bedragen:

voor het voorwerp van 2.5 mM.		1
en voor het voorwerp van 5 mM. met	1 scherm	1.1
„ „ „ „ „ „ „ „	2 schermen	0.4
„ „ „ „ „ „ „ „	3 „	0.15
„ „ „ „ „ „ „ „	4 „	0.09
„ „ „ „ „ „ „ „	5 „	0.07
„ „ „ „ „ „ „ „	6 „	0.06
„ „ „ „ „ „ „ „	7 „	0.045
„ „ „ „ „ „ „ „	8 „	0.04
„ „ „ „ „ „ „ „	9 „	0.03
„ „ „ „ „ „ „ „	10 „	0.025
„ „ „ „ „ „ „ „	11 „	0.02
„ „ „ „ „ „ „ „	12 „	0.017

Wij noemen weer de sterkte van het daglicht 1 en geven, behalve de grootte der netvliesbeelden, ook weer de met elkaar te vergeleken hoeveelheden licht op.

V. Afstand van beschouwing: 30 M.

Grootte der voorwerpen: 2.5 mM. en 5 mM.

Grootte der netvliesbeelden: 1.25 μ en 2.5 μ.

Sterkte van de lichtbron (daglicht): 1.

Waarnemer prof. Koster.

a. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 1.1, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 1.1$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 4.4 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair 3 tot 4 maal zoo groot en minstens 3 maal zoo lichtsterk als het andere.
b. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.4, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.4$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ, Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 1.6 : 1	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair 3 tot 4 maal zoo groot en duidelijk lichtsterker dan het andere.
c. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.15, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.15$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.6 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair 2 tot 2.5 maal zoo groot en lichtsterker dan het andere.
d. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.09, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.09$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.36 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair 2 tot 2.5 maal zoo groot en misschien een spoor lichtsterker dan het andere.

e. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.07, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.07$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.28 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair 2 tot 2.5 maal zoo groot en duidelijk lichtsterker dan het andere.
f. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.06, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.06$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.24 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair 1.5 tot 2 maal zoo groot en even lichtsterk als het andere.
g. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.045, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.045$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.18 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair $1^1/_3$ maal zoo groot en even lichtsterk als het andere.
h. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.04, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.04$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.16 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair even groot en even lichtsterk als het andere.

i. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.03, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.03$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.12 : 1	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair even groot en even lichtsterk als het andere.
k. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.025, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.025$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.1 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair misschien een spoortje kleiner en even lichtsterk als het andere.
l. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.02, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.02$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.08 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair $^3/_4$ maal zoo groot en even lichtsterk als het andere.
m. Beeld van 2.5 μ. Lichtsterkte 0.017, hoeveelheid licht $2.5^2 \pi \times l \times 0.017$ wordt vergeleken met Beeld van 1.25 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $1.25^2 \pi \times l \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.068 : 1.	Het voorwerp van 5 mM. schijnt lineair $^2/_3$ maal zoo groot en misschien iets lichtzwakker dan het andere.

Waarnemer SCHOUTE.

Dezelfde reeks.

a. 5 mM. ruim 2 maal zoo groot en lichtsterker dan 2.5 mM.

b. 5 mM. 2 maal zoo groot en lichtsterker dan 2.5 mM.

c. 5 mM. 1.5 maal zoo groot en lichtsterker dan 2.5 mM.

d. 5 mM. 1.5 tot 2 maal zoo groot en even lichtsterk als 2.5 mM.

e. 5 mM. 1 tot 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als 2.5 mM.

f. 5 mM. 1 tot 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als 2.5 mM.

g. 5 mM. iets grooter en even lichtsterk als 2.5 mM.

h. 5 mM. iets grooter en even lichtsterk als 2.5 mM.

i. 5 mM. even groot en even lichtsterk als 2.5 mM.

k. 5 mM. misschien iets kleiner en even lichtsterk als 2.5 mM.

l. 5 mM. $^3/_4$ maal zoo groot en even lichtsterk als 2.5 mM.

m. 5 mM. iets kleiner en even lichtsterk als 2.5 mM.

Wij zien uit deze reeksen proeven, waarbij beide waarnemers bijna geheel overeenkomstige resultaten verkregen, dat wanneer twee kegels elk afzonderlijk geprikkeld worden door twee beelden, die noch in grootte, noch in lichtsterkte overeenstemmen, weliswaar verschil in sterkte van prikkeling wordt waargenomen, maar dat noch het verschil in grootte, noch het verschil in lichtsterkte waargenomen wordt in overeenstemming met de werkelijkheid. Integendeel nemen wij veel meer verschillen in grootte en veel minder verschillen in licht-

sterkte waar dan er in werkelijkheid voorhanden zijn

De tot nog toe besproken verschijnselen hebben alle betrekking op voorwerpen, door wit licht beschenen op zwarten achtergrond. Men kan ook het omgekeerde doen n. l. midden in een wit, verlicht veld donkere plekken aanbrengen van allerlei grootte en lichtsterkte.

Dit leidt tot geheel overeenkomstige resultaten. Wij beginnen naar analogie van de proevenreeks I op blz. 14 met de beschouwing van absoluut zwarte voorwerpen, die in grootte onderling verschillen en waarvan de beelden elk op één kegel vallen.

VI. Afstand van waarneming 8 M.

Eene rij voorwerpen van

$^1/_2$, 1, $1^1/_2$, 2 mM.

Onzichtbaar: $^1/_2$.

Zichtbaar: 1, $1^1/_2$, 2.

Waargenomen worden: $1 < 1^1/_2 < 2$.

VII. Afstand van beschouwing 10 M.

Eene rij voorwerpen van

1, $1^1/_2$, $2^1/_2$, $3^1/_2$ mM.

Alle zichtbaar.

Waargenomen worden $1 < 1^1/_2 < 2^1/_2 < 3^1/_2$.

De beeldgrootten, die konden waargenomen en beoordeeld worden, bedroegen — volgens de methode van blz. 12 berekend —

1.875, 2.8125, 3.74, 1.5, 2.25, 3.75, 5.25 μ

terwijl niet waargenomen werd

0.9375 μ.

Het grootste voorwerp moet dus buiten beschouwing

blijven, omdat zijn beeld grooter is dan één kegeldoorsnee.

Wij zien dus ook hier, dat, al zijn de beelden kleiner dan één kegeldoorsnee, hunne grootte toch nog beoordeeld kan worden.

Wanneer men verder naar analogie van de reeks III blz. 18 op een gelijkmatig verlicht veld zwarte voorwerpen aanbrengt, die even groot zijn maar in intensiteit van verlichting onderling verschillen, d. w. z. grijze voorwerpen in verschillende nuances, alle donkerder dan de omgeving, schijnen zij

1°. wanneer ze op meerdere kegels vallen even groot en verschillend in verlichting, terwijl

2°. wanneer ze elk op êén kegel vallen, het verschil in verlichting grootendeels en dikwijls geheel verdwijnt, terwijl er verschillen in grootte zichtbaar worden, en wel zoodanig, dat de donkerste vlek het grootst schijnt.

De eigenaardigheid van dit laatste feit kan op de volgende wijze het duidelijkst aangetoond worden.

VIII. Afstand van beschouwing 25 M.

a. Verlichte omgeving met doorlatingscoefficient 1.

Daarin twee voorwerpen van 6 mM. met doorlatingscoefficienten 0.3 en 0.015.

Wij noemen deze $6_{0.3}$ en $6_{0.015}$.

Bij deze verlichte omgeving schijnt $6_{0.015} > 6_{0.3}$.

b. Donkere omgeving met doorlatingscoefficient 0.

Daarin weer $6_{0.3}$ en $6_{0.015}$.

Bij deze donkere omgeving schijnt nu $6_{0.3} > 6_{0.015}$.

Evenzoo

IX. Afstand van beschouwing 20 M.

a. Verlichte omgeving met doorlatingscoefficient 1.

Waarin $5_{0.4}$ en $5_{0.017}$.

Bij deze verlichte omgeving schijnt $5_{0.017} > 5_{0.4}$.

b. Donkere omgeving met doorlatingscoefficient 0.

Waarin $5_{0.4}$ en $5_{0.017}$.

Bij deze donkere omgeving schijnt nu weer $5_{0.4} > 5_{0.017}$.

Zoowel in VIII als in IX hebben wij dus tweemaal hetzelfde paar voorwerpen met elkaar vergeleken, met dit verschil, dat in het eerste geval het veld waarop ze gezien werden lichter was en in het tweede donkerder dan die voorwerpen zelve.

Hierbij blijkt het, dat wanneer de voorwerpen meer licht uitstralen dan de omgeving, dat voorwerp, dat het meeste licht uitstraalt, ons het grootst lijkt, terwijl wanneer de voorwerpen minder licht uitstralen dan de omgeving, dat voorwerp, dat het minste licht uitstraalt, door ons het grootst wordt waargenomen.

Eindelijk kan men naar analogie van reeks IV en V ook donkere voorwerpen beschouwen, die noch in grootte, noch in lichtsterkte aan elkaar gelijk zijn en men zal daarbij vinden, dat

1°. Wanneer de beelden op meer dan één kegel vallen, grootte en lichtsterkte met de werkelijkheid in overeenkomst worden waargenomen, terwijl

2°. Wanneer zij kleiner dan één kegeldoorsnee zijn, het verschil in lichtsterkte slechts in zeer geringe mate waargenomen wordt, terwijl de verschillen in

grootte ook weer door de lichtsterkte worden geinfluenceerd.

Men kan ook bij deze donkere voorwerpen de lichtsterkte zooveel doen verschillen, dat het donkerste voorwerp, al is het het kleinste, grooter schijnt dan een ander dat in werkelijkheid grooter is, wanneer maar dit laatste minder zwart is. Men stuit hier echter bij de zwarte voorwerpen spoediger op het bezwaar, dat een zeer klein en tevens zeer donker voorwerp al ras onzichtbaar wordt.

Het blijkt uit dit alles, dat de waarneming van donkere beelden, die op één kegel vallen, op soortgelijke wijze geschiedt als bij de verlichte het geval is, met dien verstande, dat men bij deze donkere beelden niet rekening heeft te houden met de hoeveelheid licht, die den kegel treft, maar met de hoeveelheid, die de kegel minder ontvangt dan zijne omgeving.

Wij willen nu trachten van de beschreven verschijnselen in de volgende hoofdstukken eene verklaring te geven en zullen deze verklaring met experimenten trachten te staven.

HOOFDSTUK III

Verstrooiing

Wil men het feit verklaren, dat een sterk verlicht voorwerp grooter kan schijnen dan een even groot zwak

verlicht; ja dat zelfs een sterk verlicht voorwerp grooter kan schijnen dan een dat zwak verlicht wordt, ook al is in werkelijkheid dit laatste grooter dan het eerste, dan ligt het voor de hand aan de verstrooiing te denken.

Prof. HERING gaf dan ook in eene mondelinge mededeeling als zijne meening te kennen, dat het hierop zou berusten, dat van sterk verlichte verstrooiingscirkels — zooals die om een sterk verlicht beeld gevormd worden — eene breedere zone zou zichtbaar zijn dan van zwak verlichte — zooals die zwak verlichte beelden omringen.

Dezelfde verklaring gaf ook VOLKMANN [1]) bij de bespreking van het feit, dat een lichtsterke ster grooter schijnt dan een lichtzwakke.

En nog onlangs schreef PIEKEMA [2]) over dit onderwerp: „De schijnbare grootte zal verschillend zijn naarmate die verstrooiingscirkels verschillen."

Inderdaad hebben de verstrooiingscirkels eene uitgebreidheid, die bij beelden van slechts enkele μ niet meer te verwaarloozen is; hoewel men a priori niet kan zeggen, welk deel dier verstrooiing lichtsterk genoeg is om tot waarneming te komen.

Omtrent de uitgebreidheid der totale verstrooiing kunnen wij het volgende constateeren:

1°. Zooals bekend is, accommodeert men niet bij het beschouwen van voorwerpen op 25 M. afstand; de beelden op de retina zijn nog zoo scherp, dat de accommodatie

---

[1]) VON GRÄFE—SÄMISCH. Handbuch d. g. Aughk. II. II. S. 576.

[2]) J. PIEKEMA. Over gezichtsscherpte bij verschil van verlichting. Utrecht 1897. Bl. 6.

in rust blijft. Het oog is echter voor oneindigen afstand ingesteld, zoodat elk lichtend punt van een voorwerp op 25 M. afstand geen puntvormig beeld op de retina werpt, maar een verstrooiingscirkel. De doorsnee van zulk een verstrooiingscirkel is afhankelijk van de pupilwijdte, en als deze 4 mM. is, is de bedoelde doorsnee 2.7 μ [1]), de straal dus $\frac{2.7}{2}$ μ.

Wanneer nu elk punt van een voorwerp verstrooiingscirkels op de retina werpt, zal het geheele beeld grooter worden dan wanneer het oog nauwkeurig ingesteld ware: en wel op elke doorsnee beiderzijds zooveel grooter als de straal der verstrooiingscirkels bedraagt.

De uiterste cirkels immers vallen met hun middelpunt op de plaats, waar bij nauwkeurige instelling de rand van het beeld zou liggen en een deel, dat met de lengte van den straal overeenkomt, valt nog daarbuiten.

Terwijl zoodoende elk beeld beiderzijds met $\frac{2.7}{2}$ μ. vergroot wordt, neemt deze waarde bij afstanden < 25 M. steeds toe, totdat de accommodatie ingespannen wordt.

2°. door chromasie van het oog ontstaan nog veel grooter cirkels: het verschil tusschen de tweede-brandpuntsafstanden voor rood en violet bedraagt 0.434 mM. [2]). De kleinste verstrooiingscirkels krijgt men, wanneer ze — zooals in fig. 2 — elkaar bedekken.

---

[1]) Von Gräfe—Sämisch. Handb. d. g. Aughk. II II S. 460.
[2]) Von Gräfe—Sämisch Handb. d. g. Aughk. II II S. 469.

In deze figuur stellen Pr en P^1r roode stralen voor, en Pv en P^1v violette.

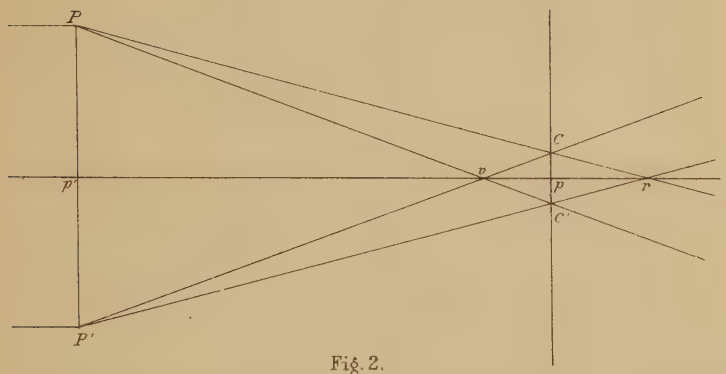

Fig. 2.

Daarbij is $pr > vp$ dus $pr > \frac{434}{2}\ \mu$ of $pr > 217\ \mu$.

Verder is $cc^1 = \frac{PP^1 \times pr}{p^1r}$

waarbij PP^1 (de pupilwijdte) zij 4 mM. en pp^1 (in het gereduceerde oog) 15 mM.

De middellijn der irradiatiecirkels is dan minstens $\frac{4000 \times 217}{15000 - 217}$ = meer dan 50 μ.

Daar nu de uiterste punten der verstrooiingscirkels door het onder 1°. genoemde moment ontstaan, ook nog cirkels door den onder 2°. beschreven invloed vormen, wordt de vergrooting van een beeld door beide momenten samen:

meer dan $\frac{2.7}{2} + \frac{50}{2} + \frac{50}{2} + \frac{2.7}{2}\ \mu$.

Ook hier echter weten wij niet, hoe breed eene zone

genoegzaam verlicht is, om waargenomen te kunnen worden.

3°. heeft het oog gebrek aan aplanasie; hierdoor wordt elk punt van het tevoren besproken beeld nog weer tot een cirkel uitgebreid. Omtrent de uitbreiding dier cirkels is evenmin iets bekend als omtrent de verdeeling van de lichtsterkte in het gebied daarvan.

Dit moge voldoende zijn om aan te toonen, dat de verstrooiing in al zijne vormen afmetingen oplevert, die voor beelden van slechts enkele μ doorsnee zonder die momenten, van het hoogste belang zijn.

Tevens zij er echter nog eens op gewezen, dat hiermee niet gezegd is, dat het deel der verstrooiing, dat lichtsterk genoeg is om waargenomen te kunnen worden, groot genoeg is om invloed te oefenen op onze verschijnselen.

Er zijn zelfs feiten, die het tegendeel doen vermoeden:

Nadat wij hadden geexperimenteerd met eene pupilwijdte van 4 mM., hebben wij het nog eens herhaald met een diaphragma met 1 mM. opening voor het oog; deze opening komt dan als pupilwijdte in rekening. Vervolgens deden wij het nog eens met een diaphragma met 100 μ opening.

Dit veranderde aan de verschijnselen niets; alleen werden somtijds de beelden te lichtzwak en konden dientengevolge niet meer worden waargenomen.

Als nu het verschijnsel, dat verschil in grootte kan worden waargenomen, als er slechts verschil in lichtsterkte bestaat, op irradiatie en dispersie berustte, moesten wij dan geen groote veranderingen verwachten,

wanneer de pupilwijdte, waardoor de grootte der verstrooiingscirkels hoofdzakelijk bepaald wordt, zoo groote wijzigingen ondergaat?

Verder pleiten tegen dezelfde onderstelling nog de onderzoekingen van PIEKEMA [1]).

Deze onderzoeker vond, dat het gebruik van een diaphragma met kleine opening, zoowel bij het zien met één als met twee oogen, de gezichtsscherpte belangrijk vermindert.

Wanneer nu de verandering van het waarneembare deel der verstrooiingscirkels van invloed ware op de waarneming van grootte, zou men dan ook niet moeten verwachten, dat de gezichtsscherpte bij het gebruik van een diaphragma juist zou toenemen in plaats van te verminderen?

Door het kleiner worden toch dier verstrooiingscirkels zal er te eerder een kegel tusschen twee beelden ongeprikkeld blijven en zal dus te eerder voldaan zijn aan de eisch, gesteld om twee voorwerpen gescheiden te kunnen zien.

Daar hier echter nog meer invloeden in het spel zijn o. a. de vermindering der lichtsterkte, door het diaphragma veroorzaakt, kan dit argument niet meer dan een vermoeden genoemd worden.

Wij willen de vermoedens laten rusten, en zoeken naar bewijzen.

---

1) J. PIEKEMA. Over gezichtsscherpte bij verschil van verlichting. Utrecht 1897. Bl. 45 en 46.

HOOFDSTUK IV

Chromasie

De chromasie alleen geeft de gewenschte verklaring niet; dat wordt al waarschijnlijk door het feit, dat men geen gekleurde randen om de voorwerpen waarneemt.

Bewezen wordt het door het feit, dat de verschijnselen dezelfde blijven, als men de voorwerpen beschouwt door een gekleurd glas.

Wel brengt men het daarmee niet zoover, dat slechts lichtstralen van één kleur worden doorgelaten, maar, gelet op de groote afmetingen der irradiatiecirkels, die door de chromasie ontstaan, is toch de beperking ongetwijfeld eene zoodanige, dat verschillen in de verschijnselen tegen die met gemengd licht zich zouden moeten voordoen, wanneer de chromasie hierin eene beslissende rol speelde; want door een rood of door een blauw glas b. v. worden slechts stralen van nagenoeg eenzelfde golflengte doorgelaten.

De uitspraak van Von Helmholtz[1]), dat de gezichtsscherpte niet toeneemt, al maakt men het oog achromatisch, vindt dus voor deze beelden haar analogon in de volgende proeven.

---

[1]) Helmholtz. Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 168.

Wij vergelijken met elkaar de voorwerpen van 4 en 8 mM., die ons uit reeks IV bl. 21 bekend zijn. Wij beschouwen ze nu eerst door een rood glas en daarna door een blauw.

Het voorwerp van 4 mM. is weer voortdurend bedekt met een scherm met doorlatingscoefficient 1, terwijl het voorwerp van 8 mM. weer achtereenvolgens 1 tot 12 schermen heeft, waarvan de doorlatingscoefficienten op bl. 21 opgegeven zijn.

Om de hoeveelheden licht te berekenen, die met elkaar vergeleken worden, moeten wij nog rekening houden met de doorlatingscoefficienten r en b van het roode en het blauwe glas.

Wanneer wij weer de sterkte van het daglicht l noemen, kunnen wij behalve de afmeting der netvliesbeelden, ook de met elkaar vergeleken hoeveelheden licht opgeven.

Het feit, dat de voorwerpen te klein zijn om kleur te doen waarnemen [1]), maakt de vergelijking met reeks IV nog gemakkelijker.

X. Afstand van beschouwing 30 M.
Grootte der voorwerpen 4 en 8 mM.
Grootte der netvliesbeelden 2 en 4 μ.
Sterkte van de lichtbron (daglicht): l.
Doorlatingscoefficient van het roode glas: r.
Doorlatingscoefficient van het blauwe glas: b.
Methode van waarneming binoculair.

---

[1]) Helmholtz. Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 374.

a. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht
$4^2 \pi \times l \times r \times 1$ wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht
$2^2 \pi \times l \times r \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 4 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt 3 maal zoo groot en 2 tot 3 maal zoo lichtsterk als het andere.

b. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.3, hoeveelheid licht
$4^2 \pi \times l \times r \times 0.3$ wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht
$2^2 \pi \times l \times r \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 1.2 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt 2 maal zoo groot en lichtsterker dan het andere.

c. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.15, hoeveelheid licht
$4^2 \pi \times l \times r \times 0.15$ wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht
$2^2 \pi \times l \times r \times 1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.6 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt 2 maal zoo groot en lichtsterker dan het andere.

d. Beeld van 4 μ.
Lichtsterkte 0.1, hoeveelheid licht
$4^2 \pi \times l \times r \times 0.1$ wordt vergeleken met
Beeld van 2 μ.
Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht
$2^2 \pi \times l \times r \times 0.1$.
Verhouding der lichthoeveelheden 0.4 : 1.

Het voorwerp van 8 mM. schijnt 2 maal zoo groot en weinig lichtsterker dan het andere.

e. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.06, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.06$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.24 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als het andere.
f. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.05, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.05$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.2 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als het andere.
g. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.045, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.045$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.18 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt iets grooter en even lichtsterk als het andere.
h. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.04, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.04$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, Hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.16 : 1.	Beide voorwerpen schijnen even groot en even lichtsterk.

i. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.03, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.03$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.12 : 1.	Beide voorwerpen schijnen even groot en even lichtsterk.
k. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.025, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.025$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.1 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt iets kleiner en even lichtsterk als het andere.
l. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.02, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.02$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.08 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt $^2/_3$ maal zoo groot en even lichtsterk als het andere; het is nauwelijks waarneembaar.
m. Beeld van 4 μ. Lichtsterkte 0.015, hoeveelheid licht $4^2 \pi \times l \times r \times 0.015$ wordt vergeleken met Beeld van 2 μ. Lichtsterkte 1, hoeveelheid licht $2^2 \pi \times l \times r \times 1$. Verhouding der lichthoeveelheden 0.06 : 1.	Het voorwerp van 8 mM. schijnt $^2/_3$ maal zoo groot en iets lichtzwakker dan het andere; het is nauwelijks waarneembaar.

Dit voor rood licht. Voor blauw licht:

Dezelfde reeks.

Voor de hoeveelheden licht: *r* door *b* vervangen.

a. 8 mM. 3 maal zoo groot en 2 maal sterker verlicht dan 4 mM.

b. 8 mM. 2 maal zoo groot en lichtsterker dan 4 mM.

c. 8 mM. 2 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

d. 8 mM. 1.5 tot 2 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

e. 8 mM. 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

f. 8 mM. 1.5 maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

g. 8 mM. iets grooter en even lichtsterk als 4 mM.

h. 8 mM. even groot en even lichtsterk als 4 mM.

i. 8 mM. even groot en even lichtsterk als 4 mM.

k. 8 mM. iets kleiner en even lichtsterk als 4 mM.

l. 8 mM. $^3/_4$ maal zoo groot en even lichtsterk als 4 mM.

m. 8 mM. $^3/_4$ maal zoo groot en weinig lichtzwakker dan 4 mM.

Wij vinden in deze proeven geen vingerwijzing tot het aannemen van de onderstelling, dat beperking der verstrooiingscirkels, die door chromasie ontstaan, wijziging zou brengen in de met gemengd licht verkregen resultaten.

De eenige invloed van het gekleurde glas is, dat het door terughouding van een deel van het licht de beoordeeling van de toch reeds lichtzwakke voorwerpen moeilijker maakt.

Ook bij beschouwing op afstanden, waarop de beelden der gebezigde voorwerpen op meerdere kegels vallen, geeft gekleurd licht dezelfde uitkomsten als het gemengde.

HOOFDSTUK V

Onnauwkeurige instelling van het oog

Doordat de accommodatie niet wordt ingespannen bij het zien op 25 M, is het oog in dat geval niet volkomen juist ingesteld.

De vergrooting, die een beeld hierdoor ontvangt, is — zooals op bl. 36 gezegd is — bij 4 mM. pupilwijdte 2.7 μ; zij is evenredig met de grootte van de pupil.

Stel nu, dat behalve de pupilwijdte, ook de intensiteit van verlichting een moment is, waardoor de breedte van de zichtbare zone dier verstrooiing bepaald wordt.

Men kan dan weer onderstellen, dat b. v. van twee voorwerpen van 2 mM. op 8 M. afstand beschouwd het eene kleiner schijnt dan het andere, bij verschil in verlichting, door verschil in breedte van het zichtbare deel hunner verstrooiingscirkels.

Wanneer men nu dezelfde voorwerpen beschouwt door een diaphragma met eene opening van 100 μ, ziet men hetzelfde verschil in grootte tusschen beide voorwerpen, als zooeven zonder diaphragma.

Nu zou men toch kunnen verwachten, dat een zoo sterke verkleining van de verstrooiingscirkels wijziging in de verhouding der waargenomen grootten moest brengen. Stel b. v. dat het zichtbare deel van de totale verstrooiing bij eene pupilwijdte van 4 mM. een kring om het eigenlijke beeld vorme met eene breedte van 80 kegels bij het sterk verlichte beeld, en met eene breedte van 40 kegels bij het zwak verlichte; terwijl bij het gebruik van het diaphragma die breedten tot 2 en 1 kegel beperkt worden. Wij zouden dan in het eerste geval de verhouding der lineaire grootten schatten door middel van netvliesbeelden met doorsneden van 80 + 1 + 80 en 40 + 1 + 40 kegels. In het tweede geval zouden die doorsneden 2 + 1 + 2 en 1 + 1 + 1 kegels zijn. Klaarblijkelijk moest dus door het gebruik van een diaphragma die kegel, waarop het eigenlijke beeld viel, te meer in rekening komen, naarmate de opening van het diaphragma kleiner was, en moest daardoor de verhouding der grootten gewijzigd worden. Daar het evenwel niet onmogelijk is — hoewel onwaarschijnlijk — dat zelfs bij het gebruik van een diaphragma met zoo klein mogelijke opening, het zichtbare deel der verstrooiingscirkels zich toch nog over vele kegels uitbreidt, wordt door deze beschouwing de invloed der irradiatie niet met zekerheid weerlegt.

HOOFDSTUK VI

Gebrek aan aplanasie Totale verstrooiing

Omtrent de verstrooiingscirkels, die door gebrek aan aplanasie ontstaan, is voorloopig niet bekend, noch te berekenen, hoe groot hunne uitgebreidheid is; om niet te spreken van de verdeeling van het licht in die uitgebreidheid, waaromtrent wij evenmin iets weten.

Het gaat dan ook niet aan, deze aan eene bespreking te onderwerpen; maar wel moeten wij hun bestaan in het oog houden, wanneer wij willen nagaan, welken invloed de som der genoemde momenten op onze verschijnselen zou kunnen hebben.

Laat ons daartoe weer uitgaan van de onderstelling, als zou de grootte der voorwerpen, wier beelden zonder verstrooiing op één kegel zouden liggen, beoordeeld worden naar het aantal kegels, waarover zich de verstrooiingscirkels uitbreiden.

Nu kan men met de retinabeelden, die zonder irradiatie op één kegel zouden liggen, nog vele grootten onderscheiden.

Op blz. 15 zagen wij dat b. v. van een reeks voorwerpen van $^1/_2$, $^2/_3$, 1, 2, 3 en 4 mM., die, behalve het laatste, aan die voorwaarde voldoen bij beschouwing op 12.5 M., alleen het eerste onzichtbaar was, terwijl de andere vijf verschillend groot werden waargenomen.

Dit aantal verschillend-groot-waarneembare beelden, die zonder irradiatie op één kegel zouden vallen, zou nog wel te vermeerderen zijn, maar laten wij ons tot het aantal vier beperken.

Wij ontwerpen nu met voorwerpen van 3 mM., op 12.5 M. bezien, een krans beelden, binnen welke — zonder irradiatie — nog twee kransen ongetroffen kegels en één ongetroffen kegel in het midden zouden liggen (zie fig. 3).

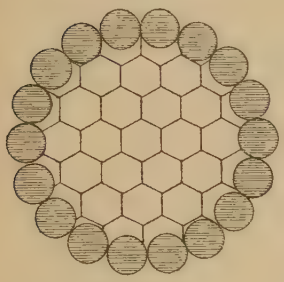

Fig. 3.

In het centrum van dien krans plaatsen we onze reeks voorwerpen van $^1/_2$, $^2/_3$, 1, 2 en 3 mM., alle met denzelfden doorlatingscoefficient. De waarneming daarvan is dan wel moeilijker, dan wanneer er geen krans om is, maar met eenige inspanning gelukt het toch de voorwerpen van $^2/_3$, 1, 2 en 3 mM. op 12.5 M. waar te nemen niet alleen, maar ook de verschillen in grootte op te merken in de volgorde: $^2/_3 < 1 < 2 < 3$. Het voorwerp van $^1/_2$ mM. blijft ook hier, evenals bij beschouwing zonder krans, onzichtbaar.

Volgens bovengenoemde onderstelling zou deze waarneming nu hierop kunnen berusten, dat het voorwerp van $^2/_3$ mM. een beeld gaf b. v. geheel op één kegel liggend, dat van 1 mM. op één kegel en een krans kegels daaromheen; dat van 2 mM. op één kegel met twee kransen kegels en dat van 3 mM. op één kegel met drie kransen kegels daaromheen. Dan zouden echter de krans-

voorwerpen van fig. 3 ook elk verstrooiingscirkels geven over drie kransen kegels om hun middenbeeld heen. Hoe dan de lichtverdeeling over de retina zou worden, moge fig. 4 toelichten.

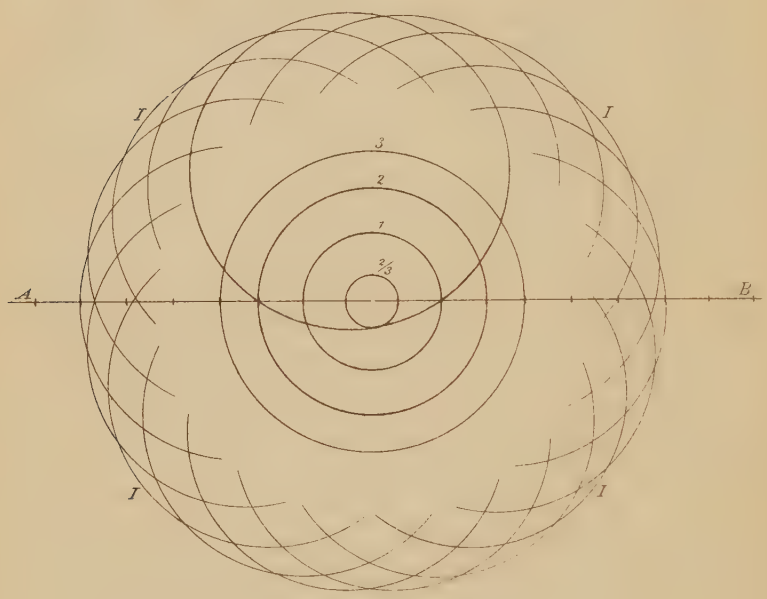

Fig. 4.

In fig. 4 is op de lijn *A B* eene verdeeling van het oppervlak der retina in kegeldoorsneden aangegeven. De groote krans *I*, uit cirkelbogen bestaande, geeft aan welk deel van de retina getroffen wordt door die beelden, die in fig. 3 zijn geteekend zonder verstrooiingscirkels. Elk dezer cirkelbogen toch is zoo geconstrueerd, dat hij

zijn middelpunt heeft in het middelpunt van een der kransvoorwerpen uit fig. 3. Eén dezer bogen is tot een cirkel doorgetrokken, om aan te toonen, dat ook de middelste kegel van de geheele figuur daardoor verlicht wordt, zoodat er dus binnen den cirkel *I* geen enkele ongetroffen kegel meer is.

De cirkels, gemerkt $^2/_3$, 1, 2, 3, geven aan welk deel van de retina verlicht zou zijn, wanneer de kransfiguur niet aanwezig ware en alleen in het middelpunt een voorwerp van $^2/_3$, 1, 2 of 3 mM. stond.

In het geval dat nu zoowel de middenbeelden als ook tegelijk de groote krans op de retina ligt, vallen dus deze middenbeelden op reeds door den krans getroffen kegels; de onderstelling laat dan maar twee mogelijkheden over:

1°. de middenbeelden worden niet waargenomen, of

2°. de grootte der middenbeelden is niet meer te beoordeelen.

Het feit, dat de middenvoorwerpen nog zichtbaar zijn is nog wel met de onderstelling overeen te brengen: twee beelden immers, door één tusschenliggenden kegel gescheiden, zijn afzonderlijk zichtbaar, wanneer maar die tusschenliggende kegel met andere intensiteit verlicht wordt dan de kegels waarop de beelden zelve liggen.

Het behouden blijven evenwel van de waarneming der grootte-verschillen maakt de onderstelling ongerijmd:

Zou het aldus te verklaren zijn, dat men een grens kon waarnemen tusschen het alleen door den krans verlichte gebied (den buitensten rand) en het door krans en

centraal voorwerp gezamenlijk verlichte gedeelte (het binnenste stuk), waarbij dan met de vergrooting van het middenbeeld die grens naar de peripherie zou rukken, en wij daaruit tot die vergrooting zouden besluiten?

Neen, want dan moest de kegel de eigenschap bezitten, te kunnen nagaan op welken kegel het centrum ligt van het beeld waaraan hij zelf zijn licht ontleent, en, wanneer meer dan één beeld over hem irradieert, hoeveel licht hij van elk dier beelden ontvangt.

Dit nu is onmogelijk.

De stralen der verstrooiingscirkels waren in onze onderstelling willekeurig gekozen. En wel zoodanig, dat dit voor de onderstelling het gunstigst denkbare geval was.

Mochten zij grooter zijn, ook in dat geval zou toch altijd het licht ook van het grootste middenbeeld nog op verlichte deelen der retina vallen, omdat de kransvoorwerpen even groot gekozen zijn als dit grootste middenvoorwerp en dus de randen hunner verstrooiingscirkels nog zooveel verder naar de peripherie zullen liggen, als de afstand hunner middelpunten tot het middelpunt van het middenbeeld bedraagt.

Het argument tegen de onderstelling blijft dus ook bij grootere verstrooiingscirkels van kracht.

Wij hebben zooeven gezien, dat alleen dan sprake kan zijn van het behoud van grootte-waarneming, wanneer de afstand tusschen krans- en middenbeeld hoogstens bij het gebruik van het grootste middenbeeld geheel door het waarneembare deel der irradiatie ingenomen wordt, d. w. z. dat een voorwerp van 3 mM. op 12.5 M. bezien

een beeld kan geven op één kegel met hoogstens één krans kegels daaromheen, waarvan de verlichting zoo sterk is, dat ze tot waarneming komt.

Wij hebben dan de volgende mogelijkheden:

1°. Alle vier beelden breiden zich uit over één kegel met één kegelkrans daaromheen;

2°. De grootste drie doen hetzelfde en het kleinste ligt op één kegel;

3°. De grootste twee doen hetzelfde en de kleinste twee liggen op één kegel;

4°. De grootste doet hetzelfde en de kleinste drie liggen op één kegel;

5°. Alle beelden liggen op één kegel.

Men vindt dus in alle gevallen minstens twee opeenvolgende beeldgrootten, die op hetzelfde aantal kegels moeten liggen en waarvan toch het verschil in grootte waarneembaar is.

In de opgesomde vijf mogelijkheden ligt tevens het bewijs opgesloten, dat ook wanneer men aanneemt dat de verstrooiingscirkels kleiner zijn dan volgens de onderstelling, die onderstelling daarmee toch niet te redden is.

De waarneming van het verschil in grootte der door ons beschouwde beelden is dus onafhankelijk van het aantal kegels, waarover zich de verstrooiingscirkels zouden kunnen uitbreiden.

Men kan dezelfde bewijsvoering leveren met een voorwerpenkrans met kleiner straal, zoodat er tusschen kransbeelden en middenbeeld slechts één kegelkrans in plaats van twee voor de irradiatie overblijft.

Inderdaad konden wij op 12.5 M. voorwerpen van $^2/_3$, 1, 2 en 3 mM. in zulk een krans verschillend groot waarnemen; maar deze waarneming is veel lastiger dan de vorige en het oordeel minder zeker, doordat de groote hoeveelheid licht, die van den krans uitgaat, het oordeel over het middenvoorwerp veel moeilijker maakt.

En de argumentatie is, hoewel eenvoudiger, niet meer bewijzend.

De invloed der verstrooiing op het waarnemen van ongelijke grootte bij voorwerpen, die alleen in lichtsterkte verschillen, kan op dezelfde wijze weerlegd worden.

Wij beschouwen vier kransen van voorwerpen van 3 mM., zooals in fig. 3 bedoeld is, op 12.5 M.

In twee kransen plaatsen wij in elk een midden-voorwerp van 3 mM.; het eene heeft een doorlatingscoefficient 1, het andere 0.2. Het sterk verlichte voorwerp schijnt ons nu grooter dan het zwak verlichte.

In de twee andere kransen plaatsen wij in elk een middenvoorwerp van 1 mM, ook weer met de doorlatingscoefficienten 1 en 0.2. Ook hiervan schijnt het sterkst verlichte weer het grootst. Verder schijnt ons het voorwerp van 3 mM. met een doorlatingscoefficient 0.2 grooter dan dat van 1 mM., waarvan die coefficient 1 is. Volgens de veronderstelling, dat de waarneming van grootte afhangen zou van het aantal kegels waarover zich de verstrooiingscirkels uitbreiden, zou dus het zwak verlichte beeld van 3 mM. alleen op den middenkegel moeten liggen, en het sterk verlichte ook op één krans kegels daaromheen. Grootere uitbreiding immers

der verstrooiingscirkels is zoo straks reeds onmogelijk gebleken. Evenzoo moest dan het zwak verlichte beeld van 1 mM. op één kegel liggen en het sterk verlichte tevens op één krans kegels daaromheen.

Maar hoe zou ons dan een voorwerp van 3 mM., met doorlatingscoefficient 0.2, welks beeld op één kegel moet vallen, grooter kunnen schijnen dan een van 1 mM., met doorlatingscoefficient 1, waarvan verondersteld moet worden, dat zijn beeld zich ook nog over een daaromheen liggenden kegelkrans uitbreidt?

Door deze ongerijmdheid wordt nog eens het onjuiste dezer veronderstelling aangetoond.

Zwarte beelden op een verlicht veld geven ook in dit opzicht dezelfde resultaten als de verlichte beelden op een donker veld: Twee zwarte kransen, ontworpen met het kastje van blz. 11, waren zoo groot, dat ze, op 8 M. bezien, beelden op het netvlies wierpen, waarbinnen nog één middenkegel en twee kegelkransen daaromheen zonder verstrooiing ongeprikkeld zouden blijven.

Op die middenkegels werden nu weer beelden geworpen van absoluut-zwarte voorwerpen van 0.5, 1, 1.5 en 2 mM. En van deze was, overeenkomstig met VI blz. 31, onzichtbaar: 0.5, terwijl de andere verschillend groot werden waargenomen in de volgorde: $1 < 1.5 < 2$.

Hierdoor is het mogelijk dezelfde bewijsvoering tegen den invloed der irradiatie te leveren, als zoo straks gedaan is voor de verlichte voorwerpen.

Slechts in geringe mate gewijzigd:

Wij hebben hier te doen met een lichtenden krans,

omringd door een donkeren en in welks midden zich ook een donker punt bevindt. Terwijl de buitenste donkere krans steeds dezelfde is, heeft het middenvoorwerp bij de verschillende proeven een verschillende doorsnee, zoodat dus de tusschen deze beide liggende lichtende krans telkens een andere breedte heeft. De verklaring, op de irradiatie steunende, zou nu deze moeten zijn, dat bij het grooter worden van het zwarte middenvoorwerp telkens één daaromheenliggende krans kegels minder zou geprikkeld worden.

Dit zou tot dezelfde ongerijmdheid leiden, als waarop wij bij de verklaring van de proeven met de verlichte voorwerpen en kransen gestuit zijn.

Men zou allicht kunnen meenen dat de waarneming bij deze zwarte beelden gemakkelijker zou worden, wanneer wij de verlichte omgeving voorzoover die buiten de kransen ligt d. w. z. dat deel van het veld dat bij de bewijsvoering buiten beschouwing blijft, zwart in plaats van wit maakten. Opvallend is het, dat juist bij een geheel zwarte omgeving de waarneming bepaald moeilijker wordt.

Voor het waarnemen van verschillen in grootte bij zwarte beelden op één netvlieskegel vinden wij dus ook in de verstrooiing de gezochte verklaring niet.

HOOFDSTUK VII

Bewegingen van hoofd en oog

Bewegingen zijn van invloed op de waarneming. Door bewegingen krijgen wij b. v. de parallaxen, die bij het oordeel over afstanden van grooten invloed zijn. Ook zien wij bij het bepalen van de gezichtsscherpte patienten dikwijls het hoofd draaien en wenden en daarbij nog letters ontcijferen, die zij met stilstaand hoofd niet meer lezen konden.

Dit moment wordt tot nog toe waarschijnlijk nog algemeen beneden zijne juiste waarde geschat.

Prof. Koster heeft reeds voor eenige jaren er op gewezen, dat men een E van Snellen's letterproeven afwisselend als E of als Σ kan waarnemen, alnaarmate men het hoofd meer of minder schuin houdt. Dit staat in verband met de rangschikking der kegels in het mozaiek der retina.

Hoewel dit laatste feit bij onze regelmatig ronde voorwerpen geen invloed oefenen kan, zou de beweging nog op andere wijzen ons oordeel kunnen bepalen en deze mogelijkheid verdient eene bespreking.

In het vorige hoofdstuk is bewezen, dat van twee verschillend intens verlichte voorwerpen het eene niet daarom grooter kan schijnen dan het andere, omdat het zichtbare deel der verstrooiingscirkels zich bij het eene beeld over meer kegels uitbreidt dan bij het andere.

Het is integendeel gebleken dat de zichtbare deelen der verstrooiingscirkels bij de beelden van even groote voorwerpen op hetzelfde aantal kegels moeten liggen, ook al is er verschil in verlichting. Bestaat er evenwel verschil in uitgebreidheid der verstrooiingscirkels in het gebied van één kegel, dan zou dit nog op de volgende wijze tot waarneming van grootte-verschillen kunnen leiden:

Men kan aannemen, dat bij elk fixeeren absolute stilstand van hoofd en oog niet te verkrijgen is.

Het gefixeerde beeld ligt dus niet stil op het netvlies, maar schuift daarover heen en weer.

De rand van een beeld, op een bepaald aantal kegels liggend, zal daarbij op een gegeven oogenblik op een tot nog toe ongetroffen kegel komen. Wanneer nu twee beelden elk op één kegel liggen, zal het kleinste beeld de grootste verschuivingen kunnen maken zonder zijn kegelgrens te overschrijden.

Dit verschil in tijd of in grootte der daartoe noodige

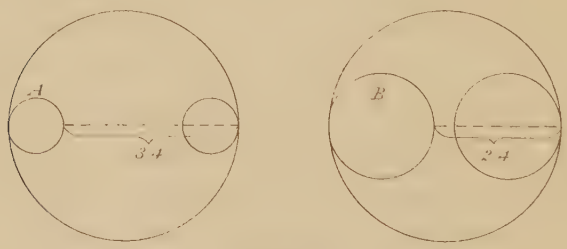

Fig. 5.

beweging, door den spierzin onbewust gecontroleerd, zou een verschil in grootte der beelden kunnen herkenbaar maken.

Gesteld men vergelijkt met elkaar twee beelden A en B (fig. 5) van 1 en 2 μ doorsnee, ontworpen door voorwerpen van 1 en 2 mM. op 15 M. beschouwd. Wanneer A met zijn rand een kegelrand aanraakt, kan het over 3.4 μ verschuiven zonder den kegelgrens te overschrijden; zoodra het nog iets verder verschuift wordt een daarnaast liggende kegel getroffen.

Hetzelfde gebeurt met het beeld B reeds wanneer het over 2.4 μ verschuift.

Wanneer deze verplaatsing der beelden door draaiing der oogen geschiedt, bedraagt de hoek van draaiing voor het beeld A 45″ en voor het beeld B 28″; dit zijn dus zeer kleine bewegingen en het is wel zeer onwaarschijnlijk dat zij opgemerkt zouden kunnen worden. Dan nog te verlangen, dat men het verschil tusschen beide draaibewegingen — dat dus 17″ bedraagt en voor kleinere verschillen in grootte nog minder — door den spierzin duidelijk zal kunnen waarnemen, is werkelijk geen geringe eisch!

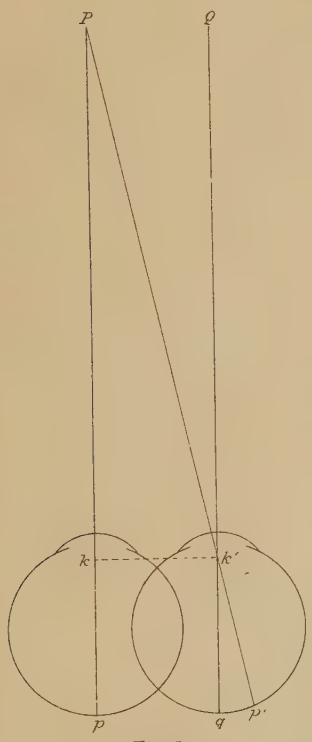

Fig. 6.

Wanneer de verplaatsing ontstaat door draaiing van

het hoofd, komen nagenoeg even groote hoeken van draaiing in beschouwing.

Wanneer het hoofd zonder draaiing verschuift, zal b. v. een punt P (fig. 6) dat vóór die beweging met p geconjugeerd was, dit na die beweging met p^1 zijn, terwijl dan het beeld van Q op den kegel ligt, waarop eerst p lag (waarbij verondersteld wordt: $p\,P \parallel q\,Q$).

Deze afstand p^1q moet nu voor voorwerp A van fig. 5 3.4 μ zijn, en hij is dat wanneer $P\,Q$ of $k\,k^1 = 3.4$ mM., wat volgt uit de vergelijking $\frac{P\,Q}{Q\,k^1} = \frac{p^1q}{q\,k^1}$, of

$$\frac{P\,Q}{15\text{ M.}} = \frac{3.4\ \mu}{15\text{ mM.}}, \text{ waaruit } P\,Q = 3.4\text{ mM.}$$

Voor voorwerp B van fig. 5 bedraagt de verschuiving 2.4 mM., wat op soortgelijke wijze blijkt uit de vergelijking:

$$\frac{P\,Q}{Q\,k^1} = \frac{p^1q}{q\,k^1} \text{ of } \frac{P\,Q}{15\text{ M.}} = \frac{2.4\ \mu}{15\text{ mM.}} \text{ waaruit } P\,Q = 2.4\text{ mM.}$$

Deze bewegingen verschillen dus voor A en B slechts 1 mM., wat zeker moeilijk te constateeren zal zijn.

Ofschoon het nu a priori onwaarschijnlijk is, dat zulke uiterst geringe draaiingen van hoofd en oog, of wel zulke minimale zijdelingsche bewegingen van het hoofd alleen ons in staat zouden stellen om nog zoovele graden van grootte met één kegel te herkennen, moeten wij toch een afdoend bewijs leveren, dat ook hierin de verklaring niet te vinden is.

Laat ons, om dit met zekerheid te weerleggen, vooruit loopen op de beschouwing van voorwerpen, die in

het volgende hoofdstuk nader zullen besproken worden.

Twee rechthoeken van gelijk oppervlak, de een met de langste zijde horizontaal, de ander met de langste zijde verticaal, worden zoodra zij elk een beeld op één kegel geven, waargenomen als ronde, even groote voorwerpen.

Wanneer nu die langste zijden even groot zijn, zou de waarneming van gelijke grootte reeds moeilijk te verklaren zijn.

Want indien de impulsen tot innervatie daarbij ons oordeel bepaalden, zouden wij toch ook in staat zijn de vormen dezer rechthoekjes te herkennen; de kleine bewegingen toch, die in horizontale richting moesten geschieden om ons de afmeting van het eene rechthoekje te doen kennen, zouden voor het andere in verticale richting moeten geschieden; en deze geheel verschillende impulsen zouden wij moeten kunnen onderscheiden, evenals dat bij andere bewegingen het geval is.

Maar bovendien zou een quadraat of cirkel, van gelijk oppervlak als de rechthoeken, korter gezien moeten worden, omdat die geen enkele doorsnee hebben, langs welke het beeld den kegel zoo spoedig overschrijdt, als in de richting der langste zijde bij de rechthoeken het geval is.

Wij zien echter zulk een contrast niet, zooals in het volgende hoofdstuk nader uiteengezet zal worden.

Nog duidelijker wordt de zaak, wanneer men op de volgende wijze experimenteert.

Op 20 M. afstand worden drie voorwerpen beschouwd.

Een dier drie bedekt juist één kegeldoorsnede; het tweede bestaat uit een krans van kleine voorwerpjes, waarvan het beeld in zijn geheel juist plaats kan vinden op één kegel; het derde is kleiner dan het eerste en heeft hetzelfde oppervlak als de kransvoorwerpjes te zamen.

Indien verschuivingen of draaiingen van hoofd of oog nu de grootte der voorwerpen deden beoordeelen, dan moest *A* (fig. 7) even groot schijnen als *B* en beide

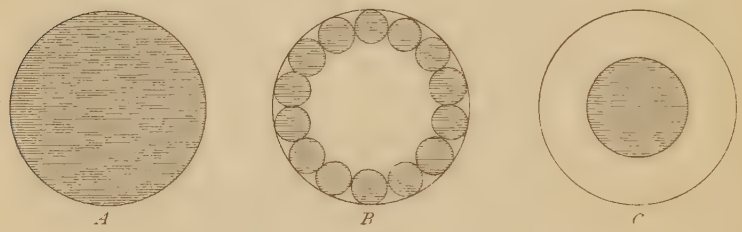

Fig. 7.

grooter dan *C*. Want *A* en *B* overschrijden den kegelgrens klaarblijkelijk tegelijkertijd en *C* eerst later.

Wij zien daar echter niets van, maar nemen waar, als alle voorwerpen denzelfden doorlatingscoefficient hebben, dat *A* grooter is dan *B* en *C*, en *B* even groot als *C*.

Wij kunnen dus concludeeren: de bewegingen van hoofd en oog geven de gezochte verklaring niet.

HOOFDSTUK VIII

De kegel als samenstel van eindorganen

Wanneer de kegel geen eindorgaan, maar een complex van eindorganen is, binnen welks gebied nog localisatie mogelijk is, zou het waarnemen van grootte-verschillen, opgewekt door verschillen in lichtsterkte, verklaard kunnen worden door aan de lichtsterkte evenredige afmetingen der verstrooiingscirkels op dien eenen kegel zelven.

A priori onwaarschijnlijk wordt deze onderstelling reeds door het feit, dat de afmeting des kegels in overeenstemming is met den grens der gezichtsscherpte; het ligt immers voor de hand, daaruit te besluiten, dat de kegel een homogeen eindorgaan is, als het onmogelijk wordt twee punten afzonderlijk waar te nemen, zoodra hunne beelden minder dan een kegeldoorsnee van elkaar verwijderd zijn.

Wil men een dergelijk localisatie-vermogen aannemen, dan is een eerste vereischte, dat naar elken kegel meer dan één zenuwfibril verloopt.

Nu is wel het aantal kegels ongeveer 3 millioen en het aantal vezels van den N. opticus ongeveer 1 millioen [1], maar daarmee is niet gezegd, dat niet misschien b. v.

---

[1]) Helmholtz. Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 263.

in de peripherie vele kegels een eigen vezel missen, en in de fovea centralis — wat ons hier alleen interesseert — elke kegel over meerdere uitloopers van de gezichtszenuw beschikt.

Een fijne fibrillaire streeping, op de binnenleden der kegels waargenomen, de fibrillaire bouw van de daarvan uitgaande radiaalvezel, de grootere dikte hiervan dan van die welke van de staafjes uitgaan, en het vertakken in een groot aantal vezels in de buitenste gegranuleerde laag [1]), hebben reeds menig onderzoeker er toe gebracht aan de samengesteldheid van den kegel te gelooven.

Ook dat bij atrophie van den papillo-maculairen bundel ongeveer $^1/_3$ van de geheele doorsnee van den N. opticus degenereert [2]), bewijst hoe overwegend groot het aantal vezelen is, dat naar de macula lutea verloopt.

Het is dus niet overbodig de mogelijkheid van samengesteldheid des kegels in beschouwing te trekken, en te

Fig. 8.

zien of zij de verklaring der ons bezighoudende verschijnselen zou kunnen geven.

Wij hebben daartoe slechts na te gaan of één kegel in staat is den vorm der voorwerpen te herkennen. Wij maken daartoe voorwerpen van verschillende gedaante

[1]) Hermann, Lehrbuch der Physiologie 9e Aufl S. 555.
[2]) Fuchs, Lehrbuch der Augenheilkunde, 4e Aufl S. 495.

en met verschillende richting der langste doorsnee, terwijl zij een even groot oppervlak en denzelfden doorlatingscoefficient hebben.

Terwijl hiervan de vormen zonder moeite te herkennen zijn, wanneer de beelden op vele kegels vallen, krijgen zij reeds, wanneer de langste doorsnee op twee kegels valt, afgeronde hoeken en onduidelijke gedaante, hoewel van de eerste vier de richting der langste doorsnee nog te zien is.

Wanneer hun beeld echter op één kegel ligt, bieden zij geen verschillen meer aan en schijnen alle even groot en cirkelrond.

Van viermaal zoo groote voorwerpen, waarvan wij evenmin de vormen herkennen kunnen, wanneer hunne beelden elk op één kegel vallen, kunnen wij nu weer de lichtsterkte zooveel kleiner maken, dat zij even groot schijnen als de zooeven beschouwde, viermaal zoo kleine voorwerpen.

De verhouding der daartoe benoodigde doorlatingscoefficienten is dezelfde als bij de proeven met ronde voorwerpen.

Ten overvloede beschouwen wij nog een rond voorwerp, waarvan de eene helft met veel geringere intensiteit wordt verlicht dan de andere.

Wanneer nu de kegel een multiplum van eindorganen ware, zou dit verlichtingsverschil, — dat zeker grooter dan Fechner's Unterschiedschwelle gekozen is, — moeten worden waargenomen, ook al viel het geheele beeld op één kegel.

Dit is geenszins het geval: wij zien slechts één gelijkmatig verdeelden graad van verlichting.

Het blijkt dus, dat de kegel noch verschillen in gedaante noch verschillen in lichtsterkte waarnemen kan.

Of wij dan ook gelijkvormige of ongelijkvormige voorwerpen met elkaar vergelijken, altijd heeft hetzelfde verschil in grootte en hetzelfde verschil in lichtsterkte dezelfde waarneming ten gevolge. Van invloed van de gedaante der voorwerpen hierbij geen spoor.

De hierboven onderstelde verklaring gaat dus ook niet op, want als het centrum van den kegel een andere vezel zou hebben dan de peripherie, zou toch een rechthoekig beeld, hoe klein van oppervlak ook, verstrooiingscirkels geven die de peripherie moesten treffen, wanneer maar de lange rechthoekszijde 4.4 μ ware; terwijl die van een vierkant of rond beeld, van gelijk oppervlak als die rechthoek, meer in het centrum konden liggen.

Men zou dan vormen moeten kunnen vinden, die, bij gelijke grootte en gelijke verlichting, ongelijke beelden gaven. Dit is niet het geval. Zoo de kegel dus al een complex van eindorganen is, is die multipliciteit hier niet van invloed.

HOOFDSTUK IX

Binoculair zien en oordeel over afstanden

Met één oog waarnemende zijn de verschijnselen dezelfde als met beide; alleen met dit verschil dat een voorwerp soms te klein of te lichtzwak is om nog met één oog zichtbaar te zijn, terwijl het met beide oogen nog gezien en beoordeeld kan worden.

Dit herinnert aan de door PIEKEMA [1]) aangehaalde onderzoekingen van DE LÉPINAY en NICATI, die vonden dat bij het zien met één oog de gezichtsscherpte kleiner is dan bij het binoculaire zien.

Dat dit feit van groot belang is, zal men dadelijk inzien als men bedenkt, dat bij het sluiten van het eene oog, beide pupillen zich verwijden en dus daardoor voor het waarnemende oog de verstrooiingscirkels grooter worden.

Terwijl wij hierover experimenteerden, was de pupilwijdte bij het binoculaire zien 3.75 mM., en bij het monoculaire zien 5.5 mM.

Aangezien nu de verstrooiingscirkels zich evenredig met de pupilwijdte vergrooten, zouden wij eer kunnen verwachten, dat door sluiting van één oog, de waarneming van grootte gemakkelijker zou worden.

---

[1]) J. PIEKEMA. Over gezichtsscherpte bij verschil van verlichting. Utrecht 1897. blz. 45.

Het tegendeel ondervonden wij bij het beschouwen van een voorwerp van 1 mM. op 25 M. afstand, met een doorlatingscoefficient 0.07. Met beide oogen bezien was dit gemakkelijk waarneembaar, met één oog daarentegen doemde het slechts nu en dan even op.

Op een ander zwart veld bevonden zich 16 voorwerpen van verschillende afmetingen, van $^1/_2$ tot 3 mM. groot, zonder regelmaat dooreen geplaatst.

Daarvan bleven er op 25 M. onzichtbaar:

Voor prof. KOSTER zeven n. l.

2 van $^1/_2$ mM., 3 van $^2/_3$ mM., 2 van 1 mM.,

terwijl er eenige van 1.5 mM. zichtbaar waren;

voor SCHOUTE vijf n. l.

2 van $^1/_2$ mM, 3 van $^2/_3$ mM.

terwijl er twee van 1 mM. zichtbaar waren.[1])

Ware bij deze waarneming nu de grootte der verstrooiingscirkels van invloed dan moest zich de grens van zichtbaarheid toch eenigszins verplaatsen bij het sluiten van het eene oog!

Geenszins; prof. KOSTER kan met één oog ziende de voorwerpen van 1 mM. op 25 M. niet ontdekken, en SCHOUTE die van $^2/_3$ mM. niet.

Het verschil tusschen het binoculaire en het monoculaire zien levert dus een bewijs te meer tegen den veronderstelden invloed der verstrooiingscirkels op de in de vorige hoofdstukken besproken verschijnselen.

Het oordeel over de grootte der ons omringende voor-

[1]) Vergelijk blz. 14 en 15.

werpen wordt ook geinfluenceerd door den afstand, waarop men meent dat het beschouwde voorwerp staat.

Nu bemerken wij er bij het beschouwen onzer voorwerpen niets van, dat het eene dichter bij het oog zou schijnen te staan dan het andere, zoodat een daaruit af te leiden verschil in schijnbare grootte ook zeer onwaarschijnlijk is.

Om te zien of dat misschien toch het geval was, laten wij dat oordeel onder ongewone omstandigheden werken n. l. door twee voorwerpen in den haploskoop gezien met elkaar te vergelijken.

Wij beschouwen eerst twee voorwerpen van gelijke grootte en verschillende lichtsterkte, waarvan de beelden over meerdere kegels vallen.

De spiegels worden zóó gesteld, dat de bliklijnen elkaar dicht voor de oogen snijden. Daarop wordt de stand zoo veranderd, dat het snijpunt der bliklijnen zich meer en meer van de oogen verwijdert, tot die lijnen ten slotte evenwijdig zijn.

Hoe meer de bliklijnen tot evenwijdigheid naderen, des te meer verwijderen zich schijnbaar de voorwerpen van het oog en des te grooter schijnen zij.

In geen dier standen echter lijkt het, of het eene voorwerp verder afstaat dan het andere, evenmin ontstaat er een schijnbaar verschil in grootte, terwijl het verschil in lichtsterkte steeds zichtbaar blijft.

En dat terwijl bij evenwijdige bliklijnen het oordeel over afstand geheel los is van zijn meest bindend moment n. l. het snijden der bliklijnen; wat hier uit

volgt, dat in dat geval de voorwerpen niet op oneindigen afstand gezien worden, zooals het geval zou zijn, wanneer het oordeel zich naar de ligging van genoemd snijpunt richtte.

Doordat dit moment hier buiten werking gesteld is, zou men kunnen verwachten, dat een ander b. v. de lichtsterkte zich des te meer zou doen gelden.

Wij herhalen vervolgens alles met soortgelijke voorwerpen, waarvan de beelden echter elk op één kegel vallen.

Ook deze schijnen grooter naarmate het snijpunt der bliklijnen zich verder van de oogen verwijdert; zij schijnen steeds ongelijk groot door het verschil in verlichting en de afstand, waarop zij schijnbaar staan, is voor beide voorwerpen steeds precies dezelfde.

Wanneer dus in deze gevallen de voorwerpen reeds als op gelijken afstand staande worden waargenomen, zal dat dan ook niet zoo zijn, als wij ook nog — zooals gewoonlijk — beschikken over het krachtige middel tot beoordeeling van den afstand, dat ons de richting der bliklijnen oplevert?

HOOFDSTUK X

Verklaring van ons oordeel over grootte en verlichting van verlichte voorwerpen, welker beelden op één kegel vallen

Gaarne zouden wij eene mathematische of mathemato-physiologische verklaring gegeven hebben van de in deze bladzijden besproken verschijnselen.

Daarmee immers kan men zoo duidelijk en overtuigend aantoonen, dat iets zóó moet worden waargenomen en niet anders; zoodat het dan ook begrijpelijk is, dat Hering dergelijke bewijzen roemt, als „ohne irgend welchen Appell an das physiologische Gewissen des Experimentirenden" [1]).

Toch is zulk een mathematisch bewijs geenszins een vereischte. Want het is hoegenaamd niet noodzakelijk, dat eene verandering van waarneming veroorzaakt worde door eene *analoge* verandering van het retinabeeld. Dit is zelfs onmogelijk want het netvliesbeeld heeft slechts twee afmetingen en de waargenomen ruimte drie. En het netvliesbeeld als zoodanig komt immers ook nooit tot bewustzijn.

Terecht zegt dan ook Von Helmholtz [2]), dat men

---

[1]) E. Hering. Zur Lehre vom Lichtsinne. — Wien 1878. — S. 8.
[2]) Helmholtz. Physiol. Optik 2e Aufl. S. 586.

liever moest spreken van „netvliesteeken" en niet van „netvliesbeeld", omdat met „beeld" altijd iets bedoeld wordt, dat op het origineel gelijkt.

Wel liggen aan twee waarnemingen, wanneer zij verschillend zijn, in den regel ook twee verschillende netvliesbeelden ten grondslag en leidt eenzelfde netvliesbeeld meestal tot dezelfde waarneming. Het centrale zenuwstelsel krijgt daardoor vertrouwen in onze netvliesberichten en oefent zich gedurig in het oordeel omtrent hetgeen het uit de netvliesbeelden, in combinatie met andere gegevens, te besluiten heeft. Zoodra men de omstandigheden opzettelijk abnormaal kiest en het oordeel voortgaat de oude ervaring op de ongewone toestanden toe te passen, blijkt het, dat het retinabeeld alleen niet voldoende is om de waarneming te bepalen; denk b. v. aan de makropie en de mikropie, waarbij de waargenomen afmetingen niet in overeenstemming zijn met de grootte der netvliesbeelden.

Zoo gaat ook Von Helmholtz [1]), bij de verklaring van de verschijnselen van het simultane contrast, uit van het feit dat men een middelgrooten man naast een kleinen groot vindt en naast een grooten klein.

Hering [2]) neemt daar echter geenszins genoegen mede, en vindt elke verklaring, die op het oordeel berust, onvoldoende. Ja, gaat daarin zelfs zoo ver, dat hij vergeet dat men zijn eigen argumenten in den regel

---

[1]) Helmholtz. Physiol. Optik 2e Aufl. S. 543 en Hermann. Handbuch der Physiol. III I S. 230—233.

[2]) Hering. Zur Lehre vom Lichtsinne bl. 10.

verzwakt wanneer men er ironie onder mengt. De beweringen immers, dat „man eine falsche Nachricht um so sicherer glaubt, wenn man gleichzeitig von zwei Seiten belogen wird" en dat „man in der That eine Lüge auch dann noch glauben kann, wenn die Lügner bereits wieder fort sind" kunnen wel niet anders uitgelegd worden, dan als eene poging om de lachers te winnen.

Nu het ons evenwel niet gelukt is onze verschijnselen in den trant van Hering te verklaren, komen wij er van zelf toe na te gaan, of de „spiritualistische" theorie ons opheldering kan geven.

In alle gevallen is het geen gewaagde onderstelling, dat het oordeel hier eene beslissende rol spelen zal. Immers Kant leerde al, dat onze zintuigen er altijd en altijd weer op uit zijn ons te misleiden, en dat wij alleen door de hulp van het oordeel in staat zijn de verschillende indrukken op hunne juiste waarde te schatten.

In het bijzonder is dit bij het zien het geval, waar wij steeds met behulp van twee beelden van twee afmetingen eene ruimte van drie afmetingen moeten opbouwen. Er valt geen beeld op de retina, of het oordeel heeft te beslissen, wat het omtrent de voorgespiegelde grootte, verlichting, vorm, diepte enz. te gelooven heeft.

Somtijds is het zeer duidelijk, dat het oordeel ons te hulp komt, b. v. wanneer wij van de laan, waarin wij wandelen, de verst verwijderde boomen even groot zien, als die, waarnaast wij loopen, en den weg overal even breed. Volgens de netvliesbeelden immers zou in de verte

alles kleiner zijn dan dichtbij, maar dien indruk verdrijft het oordeel voor hij ontstaan is. Het oordeel heeft n.l. behalve grootte, ook afstand leeren schatten en beide momenten werken hier samen om ons van de gelijke grootte der boomen en de overal gelijke breedte van den weg te overtuigen.

Oefening is noodig om het oordeel te scherpen; wanneer oefening en ervaring ontbreken, trekken wij foutieve conclusies.

Laat een ongeoefend individu op vrij grooten afstand een letterproef zien; toon hem vervolgens op korten afstand een even groote en vraag welke de grootste is. Met een gullen lach der overtuiging zal hij zeggen: „Natuurlijk de laatste."

Voor iemand daarentegen, die zich meer met schatten en beoordeelen van afstanden heeft moeten bezighouden, is het spoedig zelfs onmogelijk den indruk van zulk een grootte-verschil op te wekken.

Beide waarnemers krijgen dan toch netvliesbeelden, die in alle denkbare opzichten aan elkaar gelijk zijn. De eene echter oordeelt verkeerd, de ander goed.

Men verlieze daarom niet uit het oog, dat zelfs bij waarnemingen waarvan men zou meenen, dat ze door de afmetingen van het netvliesbeeld en den afstand van het voorwerp geheel verklaard waren, het oordeel toch onmisbaar is.

Hoe grooter de ervaring van dat oordeel is, des te beter zullen wij er in slagen, onze waarnemingen met de werkelijkheid te doen overeenkomen.

Hoe meer dan ook eene waarneming van de dagelijksche afwijkt, des te minder zal het oordeel ons kunnen leiden en des te grover fouten zullen wij dus begaan.

Wanneer wij dit alles in het oog houden bij de beschouwingen over voorwerpen, waarvan de beelden elk op één kegel vallen, komen wij tot de volgende conclusies:

Wij hebben niets gevonden, wat ons het recht geeft, aan te nemen, dat in het gebied van den kegel localisatievermogen bestaat; wij kunnen hem beschouwen als een prikkelbaar eindorgaan, dat evenals andere eindorganen sterker en zwakker geprikkeld kan worden, zonder dat men daarbij kan waarnemen, welk gedeelte van den kegel wordt geprikkeld, noch ook — wat hier buiten beschouwing kan blijven — door welk agens dit geschiedt.

Nu missen wij verschillen in grootte haast bij geen enkele waarneming; bij de meest eenvoudige beschouwing is het haast altijd om de waarneming van afmetingen te doen.

Verschillen in verlichting treden daarentegen veel minder op den voorgrond, en als zij bij eene waarneming al niet geheel buiten beschouwing blijven, springen zij toch lang zoo sterk niet in het oog als verschillen in grootte.

Het gevolg daarvan is, dat wij voorwerpen, die zoo klein zijn, dat zij buiten ons localisatievermogen vallen en waarvan wij alleen kunnen nagaan, welke verhouding er bestaat tusschen de hoeveelheden licht, die zij in het oog zenden, zóó waarnemen, dat wij ons de grootste hoeveelheid licht denken te komen van het grootste

voorwerp; terwijl dit voorwerp, wanneer zijne hoeveelheid licht veel grooter is dan van een ander, soms bovendien nog als wat lichtsterker wordt waargenomen. Of die grootere hoeveelheid licht nu komt van een grooter of van een sterker verlicht voorwerp, doet voor ons oordeel niets ter zake.

Laat ons nagaan, of de resultaten onzer proeven met deze verklaring overeen gebracht kunnen worden.

I. blz. 14 en II blz. 15. Ongelijk groote, even sterk verlichte voorwerpen.

Zoolang de beelden elk op meer dan één kegel vallen is er verschil in grootte zichtbaar door verschil in aantal geprikkelde kegels; gelijkheid van verlichting wordt waargenomen, doordat iedere kegel even sterk geprikkeld wordt.

Zoodra de beelden elk op één kegel vallen kan het aantal kegels niet meer dienen tot waarneming der grootte. De eene kegel ontvangt nu alleen meer licht dan de andere. Daar wij nu bij voorwerpen van zoo gelijk uiterlijk ongaarne besluiten tot verschillen in verlichting, oordeelen wij, dat er verschillen in grootte bestaan. In dit geval komt dus ons oordeel nog overeen met de werkelijkheid, hoewel het op valsche gronden berust.

III. blz. 18. Even groote, ongelijk sterk verlichte voorwerpen.

Zoolang de beelden op meerdere kegels vallen, nemen wij het prikkelen van een gelijk aantal kegels waar en besluiten hieruit en uit den gelijken afstand van beschou-

wing tot gelijke grootte der voorwerpen. Het verschil in sterkte van den prikkel wordt als verschil in verlichtingsintensiteit waargenomen.

Wanneer de beelden elk op één kegel vallen, nemen wij weer alleen de hoeveelheden licht waar. Een voorwerp, dat door zijne sterkere verlichting nu meer licht naar een enkelen kegel in het oog zendt dan een ander, wordt als grooter beoordeeld; en alleen wanneer het verschil in de vergeleken hoeveelheden licht zeer groot is, maakt daarbij het sterk verlichte voorwerp nog den indruk intenser verlicht te zijn. Hier is dus het oordeel in strijd met de werkelijkheid. Wanneer wij nu nagaan of de grootten der voorwerpen, zooals wij die zien, zich verhouden als de hoeveelheden licht, die elk der kegels ontvangt, dan zien wij, dat dit niet het geval is.

Terwijl b. v. in het geval *b* de hoeveelheden licht zich verhielden als 5 : 1, stonden de schijnbare grootten tot elkaar als 2.25 : 1, terwijl beider verlichting even sterk scheen; in de overige gevallen was deze incongruentie nog sterker, maar werd zij ten deele te niet gedaan door het feit, dat er ook verschillen in lichtsterkte zichtbaar waren.

Dit komt ongetwijfeld grootendeels op rekening van het feit, dat de beschouwde voorwerpen, behalve door doorvallend licht, ook door opvallend licht bestraald werden. Den invloed van dien factor zullen wij straks nader uiteenzetten.

Men zou kunnen meenen, dat wij niet het recht hadden de doorlatingscoefficienten, die op 1 M. afstand

berekend waren, te gebruiken voor waarnemingen op veel grooteren afstand. Bij de geringe hoeveelheden licht toch, die hier gebruikt werden, zou de absorptie in de luchtlagen en in de medien van het oog een invloed kunnen hebben.

Het blijkt echter dat het feit, dat zij op 1 M. afstand bepaald werden, niets ter zake doet: wij hebben die bepalingen op 8 M. herhaald en dezelfde getallen gekregen.

Dat ook het eigen licht van de retina hier van invloed kan zijn, valt wel niet te betwijfelen.

Wij willen hier de gelegenheid waarnemen om nog een argument aan te halen, dat voor den invloed van het oordeel pleit.

Dit licht opgesloten in het op blz. 20 vermelde feit, dat, wanneer men eenmaal de lantaarns van een naderende locomotief als ongelijk groot heeft waargenomen, de beelden dier lantaarns eenigen tijd over meerdere kegels moeten vallen, voordat de gelijkheid van afmeting en het verschil van verlichting wordt herkend.

Zooals hierboven betoogd is, kunnen wij gewoonlijk van voorwerpen, wier beelden over meerdere kegels vallen, de grootte en de verlichting in overeenstemming met de werkelijkheid waarnemen. Het bleek ons nu herhaalde malen, dat, wanneer eenmaal een oordeel gevestigd was, de fout daarvan sterk in het oog moest springen om het ons mogelijk te maken, dat oordeel te laten varen.

Het komt ons voor, dat dit verschijnsel sterk pleit tegen elke mathematische verklaring, en juist door den invloed van het oordeel zeer begrijpelijk wordt.

IV bl. 21 en V bl. 26. Verschillend groote en verschillend sterk verlichte voorwerpen. Zoolang de beelden op meerdere kegels vallen nemen wij het prikkelen van een ongelijk aantal kegels waar, en besluiten hieruit en uit den gelijken afstand van beschouwing tot verschillen in grootte. Het verschil in sterkte van den prikkel wordt als verschil in verlichtingsintensiteit waargenomen. Zoodra de beelden elk op één kegel vallen, nemen wij weer alleen de hoeveelheden licht waar. Wanneer de oppervlakken der voorwerpen p en p' zijn en de hoeveelheden licht, die de eenheid van oppervlak ontvangt, I in I', krijgt het oog van het eene voorwerp eene hoeveelheid licht $p \times I$ en van het andere $p' \times I'$. Het verschil in deze hoeveelheden wordt weer grootendeels als verschil in grootte waargenomen; terwijl daarnevens, alleen als het verschil groot is, ook een verschil in lichtsterkte gezien wordt.

Ook hier stuiten wij op eene incongruentie der verklaring met de proeven, want de verhouding der lichtintensiteiten was voor IV:

1 : 1 : 0.3 : 0.15 : 0.1 : 0.06 : 0.05 : 0.045 : 0.04 : 0.03 : 0.025 : 0.02 : 0.015.

en dus, daar het zwak verlichte voorwerp viermaal zoo groot oppervlak had als het andere, is de verhouding der hoeveelheden licht, die de voorwerpen uitstraalden:

Wanneer die hoeveelheid van het kleine voorwerp = 1 van het groote:

4 : 1.2 : 0.6 : 0.4 : 0.24 : 0.20 : 0.18 : 0.16 : 0.12 : 0.10 : 0.08 : 0.06

terwijl de waargenomen grootte, wanneer wij die voor

het kleine voorwerp = 1 stellen, voor het groote voorwerp is (naar de oppervlakken berekend):
4 tot 9 : 4 : 6.25 : 2.25 : 2.25 tot 4 : 2.25 : 1.7 : 1 : 1 : 0.64 : 0.56 : 0.45.

Evenzoo was de verhouding der lichtintensiteiten voor V:
1 : 1.1 : 0.4 : 0.15 : 0.09 : 0.07 : 0.06 : 0.045 : 0.04 : 0.03 : 0.025 : 0.02 : 0.017
en dus van de hoeveelheden licht, als die van het kleine voorwerp = 1

van het groote:
4.4 : 1.6 : 0.6 : 0.36 : 0.28 : 0.24 : 0.18 : 0.16 : 0.12 : 0.10 : 0.08 : 0.068

terwijl de waargenomen grootte, wanneer wij die voor het kleine voorwerp = 1 stellen, voor het groote voorwerp is (naar de oppervlakken berekend):
9 tot 16 : 9 tot 16 : 4 tot 6.25 : 4 tot 6.25 : 4 tot 6.25 : 2.25 tot 4 : 1.7 : 1 : 1 : 1 : 0.56 : 0.45.

Een deel van dit gemis aan overeenkomst wordt weer teniet gedaan door het feit, dat ook hier een gedeelte der lichthoeveelheden verbruikt werd om verschillen in lichtsterkte waar te nemen.

Ook echter wanneer er geen verschil in lichtsterkte zichtbaar was, liet de overeenkomst der waarneming met de vergeleken hoeveelheden licht te wenschen over.

Het is zeker, dat ook hier het opvallende licht de hoofdschuld draagt, en dat misschien ook het eigenlicht der retina van invloed is.

Door zeer nauwkeurige photometrische proeven zal

deze incongruentie wel grootendeels vervallen. Wij willen hier volstaan met het volgende betoog.

I. In een dof zwart karton is een schermpje aangebracht van 8 mM. met een doorlatingsvermogen 1. Dit wordt in de open lucht opgesteld, zoodat er van alle kanten evenveel licht op vallen kan. De hoeveelheid licht, die nu een waarnemer, die zich tegenover dat schermpje plaatst, van dat schermpje in het oog krijgt, bestaat uit twee deelen: 1°. eene hoeveelheid doorgelaten licht, 2°. eene hoeveelheid teruggekaatst licht. Stel er valle eene hoeveelheid licht L in de richting van het schermpje naar den waarnemer op den achterkant van het scherm.

Van die hoeveelheid L worde eene hoeveelheid d doorgelaten, eene hoeveelheid t teruggekaatst en eene hoeveelheid a geabsorbeerd. De hoeveelheid d bereike het oog des waarnemers.

Omgekeerd zal er nu in de richting van den waarnemer naar het schermpje ook eene hoeveelheid licht L op het scherm vallen. Daarvan zal eveneens d worden doorgelaten, t teruggekaatst en a geabsorbeerd. Hiervan bereike de hoeveelheid t het oog des waarnemers.

Van de totale hoeveelheid $2\,L$ komt dan $d + t$ in het oog.

II. Wij beschouwen nu hetzelfde voorwerp op dezelfde wijze opgesteld, maar met een doorlatingsvermogen 0.015.

Terwijl de afstand van beschouwing dezelfde is als zooeven en de beelden in beide gevallen kleiner dan één kegeldoorsnee zijn, schijnt ons dit voorwerp in beide gevallen even groot, ondanks dat het doorlatingsvermogen bij II zooveel kleiner is dan bij I.

Van de hoeveelheid licht L, die weer op het schermpje valle in de richting van het scherm naar den waarnemer, worde nu eene hoeveelheid $d-\delta$ doorgelaten, $t+\tau$ teruggekaatst, $a+\alpha$ geabsorbeerd.

Daarvan bereike het oog des waarnemers $d-\delta$.

Van den anderen kant kome eveneens eene hoeveelheid L, waarvan worde doorgelaten $d-\delta$, teruggekaatst $t+\tau$, geabsorbeerd $a+\alpha$.

Hiervan bereike het oog des waarnemers $t+\tau$.

Van de totale hoeveelheid licht $2L$ komt dan eene hoeveelheid $(d-\delta)+(t+\tau)$ in het oog.

Uit de waarneming van gelijke grootte voor I en II volgt

$$d+t=(d-\delta)+(t+\tau) \text{ of}$$

$$d+t-d-t=-\delta+\tau \text{ of}$$

$$\delta=\tau$$

Wij kunnen deze gelijkheid van waarneming ook uitdrukken met de formules

$$2L-2a=2L-2(a+\alpha) \text{ of}$$

$$2a=2(a+\alpha) \text{ of}$$

$$\alpha=o \text{ of in woorden:}$$

1°. De absorptie van het licht neemt niet merkbaar toe, wanneer wij het minst doorgankelijke in plaats van het meest doorgankelijke scherm gebruiken,

2°. Wanneer van alle kanten even veel licht kan toetreden, is de hoeveelheid licht, die een dik scherm minder doorlaat dan een dun, gelijk aan de hoeveelheid, die dat dikke scherm meer terugkaatst dan het dunne.

III. Bij onze experimenten was gewoonlijk het door-

vallend licht veel sterker dan het opvallend, want onze voorwerpen waren opgesteld tegen het raam van een overigens slechts matig verlicht vertrek.

Wanneer wij onder deze omstandigheden weer een voorwerp van 8 mM. beschouwen, met een doorlatingscoefficient 1, moge de hoeveelheid doorvallend licht weer L zijn; daarvan worde d doorgelaten, t teruggekaatst en a geabsorbeerd, zoodat de hoeveelheid d het oog des waarnemers bereikt.

De hoeveelheid opvallend licht daarentegen zij $\frac{L}{p}$, waarvan $\frac{d}{p}$ worde doorgelaten, $\frac{t}{p}$ teruggekaatst en $\frac{a}{p}$ geresorbeerd.

Daarvan bereikt dan de hoeveelheid $\frac{t}{p}$ het oog des waarnemers, zoodat de totale hoeveelheid licht, die van het schermpje in het oog valt, bedraagt $d + \frac{t}{p}$, terwijl eene hoeveelheid $t + a + \frac{d}{p} + \frac{a}{p}$ niet waargenomen wordt.

IV. Ten slotte beschouwen wij onder dezelfde omstandigheden als bij III het voorwerp van 8 mM. met een doorlatingscoefficient 0.015.

Dan bereikt van eene hoeveelheid doorvallend licht L eene hoeveelheid $d - \delta$ het oog des waarnemers, terwijl $t + \tau$ wordt teruggekaatst en $a + \alpha$ geabsorbeerd. Van de hoeveelheid $\frac{L}{p}$ opvallend licht komt nu $\frac{t + \tau}{p}$ in het oog, terwijl $\frac{d - \delta}{p}$ wordt doorgelaten en $\frac{a + \alpha}{p}$ geabsorbeerd.

Dus bedraagt de totale hoeveelheid, die het oog nu

ontvangt $d - \delta + \frac{t + \tau}{p}$, en de hoeveelheid die niet waargenomen wordt $t + \tau + \frac{d - \delta}{p} + a + \alpha + \frac{a + \alpha}{p}$

Onder deze omstandigheden wordt het voorwerp met het donkere scherm kleiner waargenomen dan met het lichte, dus blijft er bij gebruik van het donkere scherm meer licht onopgemerkt d. w. z.

$$t + \tau + a + \alpha + \frac{d - \delta}{p} + \frac{a + \alpha}{p} > t + a + \frac{d}{p} + \frac{a}{p}, \text{ of}$$

daar we weten $a = a + \alpha$

$$t + \tau + \frac{d - \delta}{p} > t + \frac{d}{p}$$

Hieruit volgt

$$\tau > \frac{\delta}{p}, \text{ of in woorden:}$$

Dat wij een zwak verlicht voorwerp kleiner zagen dan een sterk verlicht, berustte niet daarop, dat het zwak verlichte minder licht doorliet dan het sterk verlichte, maar hierop, dat het verschil in de hoeveelheden doorvallend licht voor beide voorwerpen grooter was dan het verschil in de hoeveelheden opvallend licht.

Hoe grooter het verschil in de hoeveelheden doorvallend en opvallend licht is, des te grooter verschil in schijnbare grootte zal er waarneembaar zijn.

De incongruentie tusschen de berekende hoeveelheden licht en de waargenomen schijnbare grootten berust nu grootendeels op het feit, dat bij het berekenen van de doorlatingscoefficienten het opvallend licht buiten beschouwing gebleven is.

Daar het hier echter slechts een bezwaar tegen den

invloed van het oordeel geldt van quantitatieven aard en niet van qualitatieven, hebben wij ons voorloopig tevreden gesteld met eenige hier volgende proeven, waarbij de invloed van het opvallend licht uitgesloten was.

In een donkere kamer werden naast elkaar opgesteld twee voorwerpen van 1 mM. met dezelfde doorlatingscoefficienten, elk door één lamp van gelijke lichtsterkte verlicht.

Deze leken ons, op 9 M. afstand beschouwd,
met beide oogen: even groot en even lichtsterk
met één oog: even groot en even lichtsterk
met een diaphragma van 1 mM.
met beide oogen: even groot en even lichtsterk
met één oog: even groot en even lichtsterk.

Daarna namen wij twee voorwerpen van 1 mM. met doorlatingscoefficienten 1 en 0.2, op dezelfde wijze verlicht.

Op 9 M. beschouwd namen wij nu waar, dat het sterk verlichte voorwerp meer dan 2 maal zoo groot en sterker verlicht scheen dan het andere, terwijl bij een even groot verschil in verlichting, met opvallend licht daarbij, een verschil in groote van 1.5 maal en gelijke lichtsterkte was waargenomen (vergelijk bl. 18) Terwijl dus hier de met elkaar vergeleken hoeveelheden licht tot elkaar stonden als 1 : 5, stonden de schijnbare oppervlakken tot elkaar als 1 : 4 à 5; dus eene goede overeenkomst.

Met één oog namen wij hetzelfde waar.

Met het diaphragma van 1 mM. doemde, bij het zien met twee oogen, het zwak verlichte voorwerp soms nog even op; met één oog bleef het onzichtbaar.

Daarop vergeleken wij met elkaar twee voorwerpen van 1 mM, met doorlatingscoefficienten 1 en 0.03.

Zulk een verschil in hoeveelheden licht gaf, onder invloed van het opvallend licht, een grootteverschil van 2.5 maal lineair en eenig verschil in lichtsterkte (vergelijk bl. 19); in de donkere kamer, op 9 M. afstand, leek ons het sterk verlichte voorwerp minstens 4 maal zoo groot, terwijl er ook nog een zeer aanzienlijk verschil in lichtsterkte zichtbaar bleef. De oppervlakken werden dus waargenomen in eene verhouding van 16 : 1, of 1 : 0.06, en als wij daarbij aannemen dat het grootste tweemaal zoo lichtsterk werd waargenomen als het kleinste, sluit dit geheel met de verhouding der lichthoeveelheden.

Vervolgens beschouwden wij twee voorwerpen van 1 mM. en 2 mM., op 9 M. afstand, eveneens in de donkere kamer. De doorlatingscoefficienten waren 1 en 0.04, d. w. z. zóó gekozen, dat deze voorwerpen even groot zouden schijnen, wanneer zij van alle kanten verlicht werden (vergelijk bl. 23 en 28).

Het kleine voorwerp scheen ons nu driemaal zoo groot en duidelijk lichtsterker dan het groote. De verhouding der lichthoeveelheden is hier 1 : 0.16, en die der waargenomen oppervlakken 9 : 1 of 1 : 0.11, dus ook eene vrij goede overeenkomst.

Terwijl van twee voorwerpen van 1 en 2 mM. met doorlatingscoefficienten 1 en 0.2, in de donkere kamer het zwak verlichte al duidelijk kleiner was dan het andere bij beschouwing op 9 M. gaf een soortgelijk verschil in grootte en lichtsterkte bij gebruik van het daglicht een

geheel andere waarneming: dan was het zwak verlichte voorwerp nog tweemaal zoo groot en bovendien zichtbaar sterker verlicht dan het andere. Ook deze waarneming in de donkere kamer is in overeenstemming met de hoeveelheden licht, die zich in dit geval verhielden als 1 : 0.8. Wij zien uit deze proeven, dat, wanneer wij de hoeveelheden licht nauwkeurig kunnen berekenen, wij een daaraan vrij nauwkeurig beantwoordende waarneming van grootte kunnen verkrijgen.

Wij hebben verder nog na te gaan of de verklaring omtrent den invloed van het oordeel ook past op de in hoofdstuk VIII besproken verschijnselen.

a. Voorwerpen van verschillenden vorm, gelijk van oppervlak en even sterk verlicht.

Wanneer de beelden over vele kegels vallen, volgt uit het prikkelen van verschillend gerangschikte kegelreeksen, met tusschenliggende ongeprikkelde, het herkennen der ware vormen; de gelijke verlichting van alle kegels maakt dat de voorwerpen overal even sterk verlicht worden waargenomen.

Daarentegen kan één kegel niet berichten, waar hij geprikkeld wordt, hij seint alleen de sterkte van den prikkel over. Daar het oppervlak van alle beelden even groot is en de lichtsterkte eveneens, zendt elk voorwerp evenveel licht in het oog, wat de waarneming van gelijke grootte en gelijke lichtsterkte ten gevolge heeft.

b. Voorwerpen in oppervlak gelijk, in vorm en lichtsterkte verschillend.

Zoolang de beelden over meerdere kegels liggen, volgt

ook hier uit de verschillende rangschikking der getroffen kegelreeksen het waarnemen van verschillende vormen. Elke kegel van het eene beeld wordt met eene andere intensiteit verlicht dan elke kegel van het andere beeld, waaruit het waarnemen der verschillen in verlichting volgt.

Als daarentegen de beelden elk op één kegel vallen, is het, evenals bij a, dien kegel onmogelijk vormen te onderscheiden. Daar de beelden even groote oppervlakken hebben, en het eene beeld sterker verlicht is dan het andere, ontvangt de eene kegel meer licht dan de andere; dit verschil wordt weer beoordeeld als een verschil in grootte; en alleen als het zeer groot is, daarnevens ook als een verschil in lichtsterkte. Wij nemen hier dus gelijkvormigheid waar met verschil in grootte en soms ook met een bijkomend verschil in lichtsterkte.

Ook op de in hoofstuk VII besproken voorwerpen zijn deze beschouwingen toepasselijk.

Het blijkt dus dat de invloed van het oordeel alle verschijnselen verklaren kan, terwijl verklaringen, op wijzigingen in het netvliesbeeld gebaseerd, schipbreuk hebben geleden. Wij komen dus tot de conclusie, dat wij hier met een psychisch proces te doen hebben, waarbij de waarneming van grootte afhankelijk is van de hoeveelheid licht, die den kegel treft. Dit wordt bewezen door het feit, dat het bij alle waarnemingen onverschillig was, hoe die hoeveelheid licht over den eenen kegel verdeeld was.

Een positief bewijs voor deze conclusie willen wij hier nog aan toevoegen.

Daartoe moeten eenige opmerkingen omtrent ons schattingsvermogen voorafgaan.

Het is ons proefondervindinglijk gebleken, dat wij bij het op afstand schatten van de lengte van lijnen fouten maken van ten hoogste 0.5 cM. Wij teekenden daartoe met krijt lijnen van willekeurige lengte op een zwart bord en maten ze, na ze op afstand geschat te hebben.

Nog veel gemakkelijker dan het schatten van de absolute lengte, is het vergelijken van de lengte van twee lijnen. Tenminste wanneer die lijnen evenwijdig aan elkaar zijn. Zonder die evenwijdigheid is het vergelijken der lengten moeilijker.

Van twee evenwijdige lijnen van 6 en 7 cM. is op 20 M. afstand het verschil in lengte zeer duidelijk en wordt dadelijk op 1 cM. geschat.

Wij komen nu tot het bewijs, waarvan sprake was.

Wij plaatsen drie voorwerpen van 6 mM. op een rechte lijn, met onderlinge tusschenruimten van ook 6 mM.; wij verlichten deze voorwerpen met groote intensiteit. Een tweede soortgelijk stel voorwerpen, evenwijdig aan het eerste opgesteld, wordt met kleine intensiteit verlicht.

Wij beschouwen deze voorwerpen nu op dien afstand, waarop de tusschenruimten juist nog zichtbaar zijn d. i. op dien afstand waarop elk voorwerp één kegel geheel bedekt. Deze afstand is nagenoeg 20 M.

Bij deze beschouwing nu lijkt ons de sterk verlichte lijn veel langer dan de zwak verlichte. Terwijl wij de eerste op 2.5 tot 3 cM. schatten, schatten wij de laatste op 1.5 tot 2 cM.

Men zal weer geneigd zijn hierbij het eerst te denken aan verschillende uitgebreidheid der verstrooiingscirkels aan de beide uiteinden der lijnen. Men bedenke evenwel, dat de tusschen de beelden der voorwerpen liggende kegels nog als onverlicht worden waargenomen en dat de schijnbare tusschenruimten bij beide ongeveer nul zijn geworden, zoodat dus ook de verstrooiing aan de uiteinden voor beide beelden minder dan één kegel moet zijn en bovendien nog voor beide nagenoeg even ver uitgebreid. Dit kan dus geen schattingsverschil van 1 cM. ten gevolge hebben.

Het oordeel daarentegen verklaart het zeer eenvoudig:

Wij nemen van de eene lijn alle drie voorwerpen klein waar, en van de andere alle drie groot; wij tellen deze onbewust samen en vinden als resultaat een korte en een lange lijn.

En dat deze verklaring juist is, kan door het volgende geval bevestigd worden:

Wij stellen nog eens twee evenwijdige lijnen op, nu van 6 voorwerpen; afmeting en tusschenruimte als zooeven; wij verlichten weer de eene met groote intensiteit, de andere met kleine; beide dezelfde lichtsterkten als zooeven.

Wanneer wij deze lijnen nu op 20 M. vergelijken, schijnen zij ons even lang.

Toch moet ook hier de verstrooiing aan de beide uiteinden der lijnen even groot zijn als bij de lijnen, die uit drie voorwerpen bestaan. Op deze tegenstelling moet dus de verklaring, op verstrooiing berustend, stranden,

en even zoo elk ander op mathematische gronden steunend betoog.

De eenige uitweg ware nog, dat een verschil van 1 cM. wel zichtbaar zou zijn, wanneer dit — zooals in het eerste geval — $^1/_3$ van de absolute lengte bedroeg, en niet meer — zooals in het laatste geval — wanneer het slechts $^1/_6$ ware.

Wij hebben daarom de opmerking vooraf doen gaan, dat ook van lijnen van 6 en 7 cM. het verschil van 1 cM. duidelijk geschat kan worden.

De opvatting daarentegen dat wij hier met een zuiver psychisch proces te doen hebben, wordt door die laatste waarneming gesteund:

Wij verklaarden de waargenomen ongelijkheid in grootte bij de korte lijnen door eene onbewuste optelling van de elk voor zich verschillend groot beoordeelde voorwerpen.

Bij een grooter aantal punten zal dit aantal niet meer zoo opvallen en wanneer wij toch ook bij lange lijnen deze onbewuste optelling zouden maken zouden wij al te zeer in tegenspraak met de ligging der geprikkelde kegels komen, en daardoor onze fout beseffen. Wij nemen dus de lengte waar, zonder meer onder den invloed te staan van het aantal en van de waargenomen grootte van elk voorwerp afzonderlijk.

Nog rest ons de vraag, of met het oordeel te verklaren is, waarom alle voorwerpen, waarvan de beelden op één kegel vallen, als cirkels worden waargenomen. O. a. Guillery maakt zich daarvan met de bewering af, dat

zelfs een mathematisch punt door de verstrooiing nog een cirkel wordt. [1])

Deze verklaring zou alleen dan voldoende zijn, wanneer met één kegel alleen beelden van mathematische punten gezien konden worden. Maar een kruisvormig voorwerp — zooals wij het bij onze proeven gebruikt hebben — zou dan toch, als zijn beeld op één kegel valt, nog een kruis van verstrooiingscirkels moeten vertoonen.

De zaak lijkt ons eenvoudig deze, dat, daar de kegel alle localisatie-vermogen binnen zijn oppervlak mist, men bij het prikkelen van één netvlieselement alleen de gewaarwording van prikkeling ontvangt, zonder inlichtingen omtrent den vorm van de lichtbron; en dat nu het oordeel de ontvangen hoeveelheid licht over het meest eenvoudige en meest regelmatige oppervlak verdeelt d. i. over den cirkel.

HOOFDSTUK XI

Verklaring van ons oordeel over grootte en verlichting van zwarte voorwerpen, welker beelden op één kegel vallen

In dit hoofdstuk willen wij nagaan, of de verklaring, op den invloed van het oordeel gebaseerd, ook op de zwarte voorwerpen kan toegepast worden.

---

[1]) Knapp und Schweigger. Archiv. f. Aughk. XXIII. Jan. '91 S. 326.

Vooraf hierover nog eene opmerking.

Oogenschijnlijk beschouwen wij een zwart voorwerp op een wit veld op dezelfde wijze als een wit op een zwarten achtergrond. Toch is er tusschen deze twee een belangrijk onderscheid:

Bij het beschouwen van een wit voorwerp worden die kegels, waarop het netvliesbeeld komt te liggen, geprikkeld, terwijl het overige deel van de retina nagenoeg geen prikkels ontvangt; of, wanneer wij afzien van het eigenlicht der retina, van de verstrooiingscirkels, enz., kunnen wij zelfs zeggen: in het geheel geen prikkels ontvangt; de omgeving van het voorwerp immers is zwart d. i. straalt geen licht uit.

Bij het zien van een zwart voorwerp in verlichte omgeving daarentegen zijn die kegels, die geconjugeerde punten vormen met de punten van 't voorwerp, niet verlicht, terwijl de omgeving overal licht ontvangt. Die kegels krijgen geen prikkels, zij blijven juist in rust. Wij zien het zwarte voorwerp dan ook niet door prikkeling dier kegels, maar door 't contrast van de ongeprikkelde met de daaraan grenzende wel geprikkelde netvlieselementen d. i. wij zien de randen van het zwarte voorwerp.

Daar nu elke lijn over een cirkel den cirkelomtrek tweemaal snijdt, bestaat de waarneming van één zwart punt feitelijk uit twee waarnemingen n. l. uit de waarneming der twee tegenoverliggende randen.

Met de waarnemingen van zwarte voorwerpen, waarvan de beelden op één kegel liggen, is het nu volgens

onze opvatting zóó gelegen, dat wij waarnemen, dat de kegel, waarop het zwarte beeld ligt, een kleinere hoeveelheid licht ontvangt, dan de daaromheen liggende; uit welke waarneming dan door het oordeel besloten wordt tot de aanwezigheid van een zwart voorwerp in het verlichte gezichtsveld.

Hoe dan verder het oordeel besluit tot verschillen in grootte, en soms ook van lichtsterkte, zal aanstonds blijken.

VI blz. 31 en VII blz. 31. Verschillende groote, even zwarte voorwerpen.

Zoolang hunne beelden op meerdere kegels vallen, geeft het ongeprikkeld blijven van een verschillend aantal kegels verschil in grootte aan; en de gelijkheid van het contrast met de omgeving voor iederen niet geprikkelden kegel uit zich in de waarneming van gelijke verlichting.

Wanneer deze beelden elk op één kegel vallen, krijgt elk dier kegels minder licht dan de door den witten achtergrond verlichte; dit wordt opgemerkt, en het onderlinge verschil in die tekorten uit zich in het waarnemen van verschil in grootte; want aan verschillen in grootte denkt het oordeel bij voorwerpen van zóó gelijk uiterlijk in de eerste plaats.

Als elke kegel van den witten achtergrond eene hoeveelheid licht L ontvangt, en door twee ongelijk groote, even zwarte voorwerpen hoeveelheden licht P en p worden onderschept, zoodat er een kegel is, die L—P licht ontvangt en een ander, die L—p krijgt, waarin $P > p$ moge

zijn, dan ontvangt de laatstgenoemde kegel P — p meer licht dan de eerste.

Waren de oppervlakken dier zwarte voorwerpen tweemaal zoo klein, dan zou den eenen kegel $\frac{P}{2}$, den anderen $\frac{p}{2}$ onthouden worden; het verschil zou dan $\frac{P-p}{2}$ zijn.

Het onderscheid dat bij groote beelden op één kegeldoorsnee nog kan worden waargenomen, kan dus bij kleinere beelden onzichtbaar zijn.

Het behoeft daarom LIEBRECHT [1]) niet te verwonderen, dat er onder de kleinste puntproeven van GUILLERY punten zijn, die nog wel worden waargenomen, maar waarvan het verschil in grootte onopgemerkt blijft.

Evenmin is deze schrijver in zijn recht, als hij de puntproeven van GUILLERY verwerpt, omdat daarbij tot het bepalen van de gezichtsscherpte niet minstens twee, maar één punt gebruikt wordt [2]).

Want, zooals boven gezegd is, en zooals prof. KOSTER op Zijn college over physiologische optica steeds betoogt, bestaat de waarneming van een zwart voorwerp niet uit één, maar uit twee waarnemingen n. l. van het contrast der beide randen met de omgeving. Een feit, dat Guillery in zijn antwoord [3]) vergeet te memoreeren.

VIII bl. 32 en IX bl. 33. Even groote, verschillend zwarte voorwerpen.

---

[1]) KNAPP und SCHWEIGGER. Archiv. f. Aughk. XXV, S. 39, 40.
[2]) KNAPP und SCHWEIGGER. Archiv. f. Aughk. XXV, S. 37, 38.
[3]) KNAPP und SCHWEIGGER Archiv. f. Aughk. XXVI, S. 80.

Zoolang ze op meerdere kegels vallen, is het aantal niet-getroffen kegels in beide deelen hetzelfde; het verschil in verlichting met de omgeving is voor elken kegel van het eerste beeld een ander dan voor elken kegel van het andere beeld.

Uit deze beide momenten volgt de waarneming van gelijke grootte en verschil van verlichting.

Wanneer de beelden elk op één kegel vallen, ontvangt de kegel, waarop het zwartste beeld valt, het minste licht; het contrast met de omgeving is dus voor dezen kegel het grootste. Daar nu het oordeel een gelijken graad van verlichting aanneemt, wordt het sterkste contrast waargenomen als te zijn opgewekt door het grootste beeld. Als het contrast zeer sterk is, komt daarbij nog de indruk, dat het grootste voorwerp ook nog wat zwarter is dan het andere.

De toelichting tot de overige soorten zwarte voorwerpen, die in beschouwing kwamen, zou slechts eene herhaling zijn van hetgeen omtrent de witte in hoofdstuk X gezegd is.

Wij verwijzen dus daarvoor naar het vorige hoofdstuk.

HOOFDSTUK XII

Slotbeschouwingen

Het is ons gebleken, dat wij bij onze proeven met een zuiver psychisch verschijnsel te doen hadden. Wij

zien dus, dat er werkelijk verschijnselen bestaan, die verklaard moeten worden volgens Von Helmholtz'opvatting omtrent de zoogenaamde verkeerde besluiten.

Daar het onzes inziens niet te loochenen valt, dat de psychische verklaring de ware is, hebben wij hiermee bewezen, dat Hering ongelijk heeft, wanneer hij voor geen enkel verschijnsel een psychische verklaring wil aannemen.

Nu wij in de vorige hoofdstukken den invloed der verstrooiing op de grootte-waarneming van de hand gewezen hebben, zullen wij moeten nagaan, of de daarvoor in de plaats gegeven verklaring ook op de irradiatieverschijnselen kan toegepast worden.

Wij hebben hier verschijnselen op het oog, waarvoor Von Helmholtz speciaal den naam „irradiatie" gereserveerd wil zien, en waarbij in tegenstelling met andere verstrooiingsverschijnselen, de accommodatie nauwkeurig is en de phenomenen van de verlichtingsintensiteit afhangen. [1])

Hetzelfde onderscheid maakt Hering tusschen irradiatie door aberratie en door dispersie. De eerste alleen hebben wij hier te bespreken, daar voor de laatste foutieve accommodatie noodig is, wat bij onze proeven niet voorkwam.

Von Helmholtz geeft eene verklaring van deze verschijnselen, die gebaseerd is op eene incongruentie tusschen toeneming van objectieve lichtsterkte en toeneming

---

[1]) Helmholtz, Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 400.

van waarnemingssterkte volgens de psycho-physische wet van FECHNER [1]); deze is echter zonder hulp van verstrooiingsfiguren onbestaanbaar, zoodat dus ook de „irradiatie"-verschijnselen volgens hem van de verstrooiing afhankelijk zijn.

Opmerkelijk is het, dat VON HELMHOLTZ zelf reeds aangeeft, dat deze verschijnselen „bei sehr hellen, namentlich kleinen Gegenständen deutlich zu bemerken" zijn. [2])

Zij vallen onder de volgende categorieën:

1°. Hel verlichte vlakken schijnen vergroot. Kleine gaatjes en spleetjes, sterk verlicht; roosters van ijzerdraad voor interferentieproeven; en de vaste sterren komen in bespreking. Alle voorwerpen, waarvan de beelden kleiner dan één kegeldoorsnee zijn en waarvan dus de vergrooting door versterking van het licht zonder invloed van verstrooiingscirkels volgt uit onze beschouwingen van bl. 75 en 76.

2°. Dicht bij elkaar liggende, hel verlichte vlakken vloeien samen.

Een tegen de zon gehouden draad zou niet gezien worden, omdat het sterke licht van beide zijden in elkaar overgaat. Dit is nog geen verklaring, maar slechts een omschrijving van het verschijnsel. Nu moet nog verklaard worden, waarom die helverlichte vlakken in elkaar overgaan en dit geschiedt weer met behulp van de verstrooiingscirkels.

Volgens onze opvattingen is de draad gelijk te stellen

---

[1]) HELMHOLTZ, Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 394.
[2]) HELMHOLTZ. Physiol. Optik. 2e Aufl. S. 395.

met een zwart voorwerp, dat te weinig licht van de kegels, waarop zijn beeld valt, terughoudt, dan dat het verschil in de hoeveelheid licht, die de geheel verlichte kegels en die de kegels met het draadbeeld ontvangen, bemerkt zou kunnen worden.

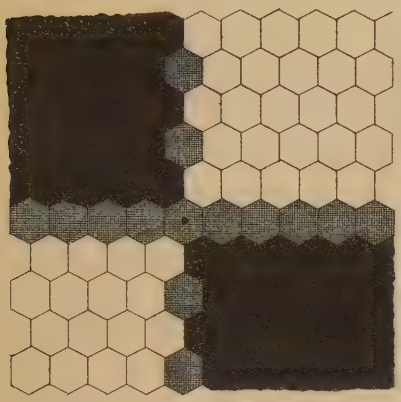

Fig. 9.

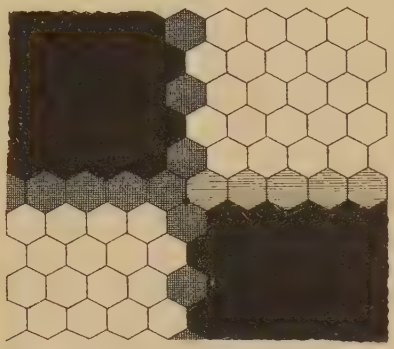

Fig. 11.

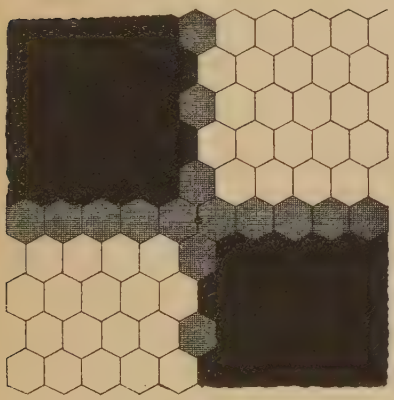

Fig. 10.

Op een schaakbord schijnen de witte ruiten elkaar met de punten te raken, zoodat de zwarte van elkaar gescheiden zijn; een logisch gevolg van onze beschouwingen: in het schaakbord komen twee witte en twee zwarte ruiten in één punt samen. Het met dat punt geconjugeerde beeldpunt geven wij in de volgende figuren met een zwarte stip aan. Zoowel wan-

neer dit punt midden op een kegel ligt (fig. 9), als wanneer het op den grens van twee kegels ligt (fig. 10), of zelfs wanneer het ligt op den grens van drie kegels (fig. 11) zijn de geheel onverlichte kegels van elkaar gescheiden, terwijl de geheel verlichte kegels met elkaar in verbinding komen door een rij van minder, maar toch ten deele verlichte kegels.

Een verklaring met verstrooiingscirkels is dus hier ook onnoodig.

3°. Rechte lijnen worden onderbroken.

De scherpe kant van een lineaal, tusschen het oog en een sterk licht gehouden, is geen rechte lijn, maar vertoont inhammen op de plaatsen waar het licht er boven uitsteekt en wel het diepst op de plaatsen waar de vlam het sterkst lichtgevend is [1]).

Zoo er eenig verschijnsel voor onze opvattingen pleit, dan is het zeker dit:

De kegels waarover de grens tusschen lineaal en achtergrond loopt, worden nog ten deele verlicht, ten deele niet; zij geven dit deelsgewijze prikkelen weer door beelden kleiner dan hun doorsnee, maar des te grooter naarmate zij met meer intensiteit geprikkeld worden.

Daarom schijnt het grootste deel van den rand van het lineaal een rechte lijn, maar waar het sterke licht staat wordt nog een grooter deel waargenomen als tot den verlichten achtergrond te behooren, en wel voor elken kegel te grooter naarmate een sterker verlicht

[1]) Helmholtz, Physiol. Optik 2e Aufl. S. 396 fig. 156.

deel van de vlam dien kegel treft: geheel analoog aan het feit, dat de kegel een voorwerp des te grooter doet waarnemen, naarmate hij sterker geprikkeld wordt (vergelijk blz. 75).

Al deze feiten laten zich gemakkelijk op die manier verklaren en leveren dus geen argumenten tegen onze beschouwingen.

Plateau heeft berekend, dat de grootte der irradiatie niet evenredig met de intensiteit van verlichting toeneemt, maar een maximum asymptotisch nadert.

Ook dit past geheel in ons kader; grooter immers dan het aan den uitersten geprikkelden kegel behoorende gebied kan het oordeel de beelden moeilijk waarnemen zonder met andere grootte-bepalende momenten in strijd te komen. —

Het onderzoek der in deze bladzijden besproken verschijnselen had een dubbel doel. In de eerste plaats was het de bedoeling aan te toonen, dat men psychische verklaringen van optische verschijnselen niet met een al te onwelwillend oor moet aanhooren, zooals al te vaak, en vooral door Hering, gedaan wordt.

In de tweede plaats was het doel na te gaan, welke de momenten zijn, die de waarneming van kleine retinabeelden bepalen. Het zou ons niet moeilijk vallen uit de handboeken over physiologische optica onderzoekingen aan te halen, waarvan de resultaten waardeloos zijn, omdat geen rekening gehouden is met het feit, dat onze waarneming van grootte en lichtsterkte door geheel andere momenten wordt bepaald wanneer men experimenteert

met beelden die over meerdere kegels zich uitbreiden, dan wanneer zij op één kegel vallen.

Men sla b. v. slechts de onderzoekingen van VOLKMANN [1]) na over de breedte der verstrooiingscirkels, die reeds op andere gronden door AUBERT als waardeloos zijn gebrandmerkt.

Moge het dan blijken, dat onze onderzoekingen er toe geleid hebben, dergelijke fouten voortaan te voorkomen.

HOOFDSTUK XIII

Overzicht

I. Verschillend groote, even sterk verlichte voorwerpen, die beelden geven kleiner dan één kegeldoorsnee, worden verschillend groot, even sterk verlicht waargenomen. Deze waarneming berust op het oordeel over de hoeveelheid licht, waarmee elk der voorwerpen den kegel prikkelt.

II. Even groote, verschillend sterk verlichte voorwerpen, die beelden geven kleiner dan één kegeldoorsnee, worden verschillend groot waargenomen; daarbij schijnen zij òf even sterk verlicht, òf — als het verschil in lichtsterkte zeer groot is — wordt er ook nog een deel van dit verschil waargenomen. Deze waarneming berust op het feit, dat wij het verschil in hoeveelheid licht, waarmee de

---

[1]) VON GRÄFE-SÄMISCH. Handb. d. ges. Augh.k. II. II. S. 581.

verschillende voorwerpen de kegels prikkelen, als verschil in prikkelingssterkte waarnemen, en het oordeel eerder verschillen in grootte dan in lichtsterkte aanneemt.

III. Verschillend groote, verschillend sterk verlichte voorwerpen, die beelden geven kleiner dan één kegeldoorsnee, leiden tot waarnemingen, die alleen afhankelijk zijn van de hoeveelheden licht, die zij in het oog zenden; waarbij weer het oordeel verschillen in grootte eerder dan verschillen in lichtsterkte aanneemt.

IV. Voor zwarte voorwerpen op een verlicht veld gelden dezelfde beschouwingen, met deze wijziging, dat hierbij de grootte beoordeeld wordt naar de hoeveelheid licht, die de kegel, waar het beeld op valt, minder krijgt dan zijne aangrenzende.

V. Van twee even groote, verschillend sterk verlichte voorwerpen, welker beelden elk op één kegel vallen, schijnt ons in een veld, dat zwakker verlicht is dan het zwakst verlichte voorwerp, het sterkst verlichte het grootst; daarentegen in een veld, dat sterker verlicht is dan het sterkst verlichte, het zwakst verlichte het grootst. Dit is het gevolg hiervan, dat wij de grootte in het eerste geval beoordeelen naar de hoeveelheden licht, die elk der twee kegels meer ontvangt dan de aangrenzende; en in het tweede geval naar de hoeveelheden licht, die zij minder ontvangen dan de omringende kegels.

VI. De verklaring, dat men even groote, verschillend sterk verlichte voorwerpen, daarom verschillend groot zou waarnemen, omdat het zichtbare deel der verstrooiingscirkels zich bij het beeld van een sterk verlicht voorwerp

over meerdere kegels zou uitbreiden dan bij dat van een zwak verlicht, is onjuist.

VII. Waarneming van verschillen in grootte, veroorzaakt door verschillen in lichtsterkte, is niet te verklaren door kleine zijdelingsche bewegingen van het hoofd of kleine draaiingen van hoofd en oog.

VIII. Evenmin door eene eventueele samengesteldheid van den kegel.

IX. Het feit, dat bij het monoculaire zien de waarneming van kleine voorwerpen niet verscherpt wordt, omvat een argument tegen den invloed der verstrooiingscirkels op de waarneming van grootte bij kleine netvliesbeelden.

X. Het feit, dat de in deze bladzijden besproken verschijnselen verklaard moeten worden volgens de theorie van Von Helmholtz over de zoogenaamde verkeerde besluiten, ontneemt Hering het recht met die spiritualistische theorie den spot te drijven.

XI. De verschijnselen voor welke Von Helmholtz den naam „irradiatieverschijnselen" wil reserveeren, en die Hering noemt verschijnselen van „irradiatie door aberratie" zijn, overeenkomstig met onze beschouwingen over het oordeel, zonder verstrooiingscirkels te verklaren.

STELLINGEN

STELLINGEN

I.

Excentriciteit van de pupil is alleen dan niet van invloed op den stand van het oog bij het fixeeren, wanneer het oog nauwkeurig op het punt van fixatie ingesteld kan worden.

II.

Om na te gaan of het licht sterk genoeg is voor de daarin te verrichten bezigheden, is het beter de methode van R. Katz toe te passen (Zehender's Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, October 1897) dan te onderzoeken of dat licht de door Cohn en later door Piekema vastgestelde minimumsterkte van 10 meterkaarsen heeft of overtreft.

III.

Ten onrechte is Walker's differentieel-diagnosticum

tusschen exophthalmus pulsans door aneurysma van de A. carotis interna of door aneurysma van het orbitale deel der A. ophthalmica tot nog toe geheel verwaarloosd.

IV.

Wanneer men bij patiënten, lijdende aan exophthalmus pulsans de A. carotis communis van de zieke zijde comprimeert, neemt men somtijds aan de retina-venae vermindering van vulling waar. Dit is een diagnosticum vóór exophthalmus pulsans veroorzaakt door eene arterieruptuur en tegen exophthalmus pulsans veroorzaakt door een aneurysma.

V.

Doyer's pupillometer is voor wetenschappelijke doeleinden zeer bruikbaar, maar voor de praktijk te omslachtig.

VI.

Wanneer men bij stuwingspapil indicatie vindt tot verminderen van den druk op den N. opticus door operatief ingrijpen, passe men de lumbaalpunctie van Quincke toe en niet de incisie van de opticusscheede volgens De Wecker.

VII.

De chronische diplobacillen-blepharo-conjunctivitis

(MORAX en AXENFELD) komt ook in Nederland voor. Haar voorkomen behoort waarschijnlijk niet tot de zeldzaamheden.

VIII.

Ten onrechte noemt FUCHS (Lehrbuch der Augenheilkunde 6e Aufl. S. 799) de discisie van de lens technisch onuitvoerbaar, wanneer deze gesubluxeerd is.

IX.

In het boekje van Mr. JOHANNES VERBRIGGE: Hondert en dertien Gebreken en genesinge der Oogen, t' Amsterdam 1678, vindt men reeds sporen van bekendheid met trachoma in Nederland.

X.

Ten onrechte beweert FUCHS (Lehrbuch der Augenheilkunde 6e Aufl. S. 738) dat ARLT het eerst de vergrooting des myopischen oogappels anatomisch heeft aangetoond; dit is reeds in BOERHAAVE's tijd gedaan. (Zie: BOERHAAVE, Des maladies des yeux, Paris, 1749).

XI.

Wanneer retoflexio uteri mobilis bezwarende symptomen geeft, verkorte men de ligamenta uteri rotunda volgens de methode van ALQUIÉ—ALEXANDER—ADAMS.

XII.

Zoodra men bij defectus vaginae in de noodzakelijkheid komt operatief in te grijpen, exstirpeere men tevens beide ovaria.

XIII.

Eene vena vorticosa in het achterste deel van den bulbus oculi diagnosticeere men niet vóór men zich door ophthalmoskopische waarneming van de bloedstroomveranderingen door druk op het oog van den veneusen aard van het vat in quaestie overtuigd heeft.

XIV.

Terecht beweert Pollak, dat de trommelvliezen bij neonati denzelfden stand innemen als bij volwassenen (meting aan 42 gemassereerde schedels).

XV.

De raad van Politzer, om zijne methode van luchtinpersen ook toe te passen bij acute rhinitis met katarrhale ontstoking van den sinus frontalis, verdient afkeuring.

XVI.

Voor de diagnose van meningitis tuberculosa lette men op de verschijnselen der klierafscheidingen.

XVII.

Het dimethylamidoazobenzol staat als qualitatief reagens op vrij zoutzuur bij het phloroglucine-vanilline ten achter.

XVIII.

Bij eene verordening, om de arbeiders in werkplaatsen, waar phosphor verwerkt wordt, tegen den nadeeligen invloed hiervan te beschermen, is de bepaling, dat de arbeiders zich op geregelde tijden aan een medisch onderzoek moeten onderwerpen, voorshands onmisbaar.

XIX.

Bij pogingen tot splenopexie kauteriseere men de op elkaar te brengen oppervlakken van de milt en van het diaphragma.

XX.

Het feit, dat seboidcysten het meest ontstaan op een leeftijd, waarop de smeerklieren weinig sebum afscheiden, is geen argument tegen de theorie, welke het ontstaan dier cysten uit eene verstopping van de uitvoeringsbuizen der smeerklieren verklaart.